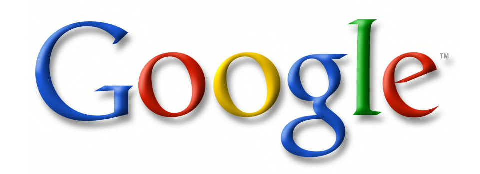
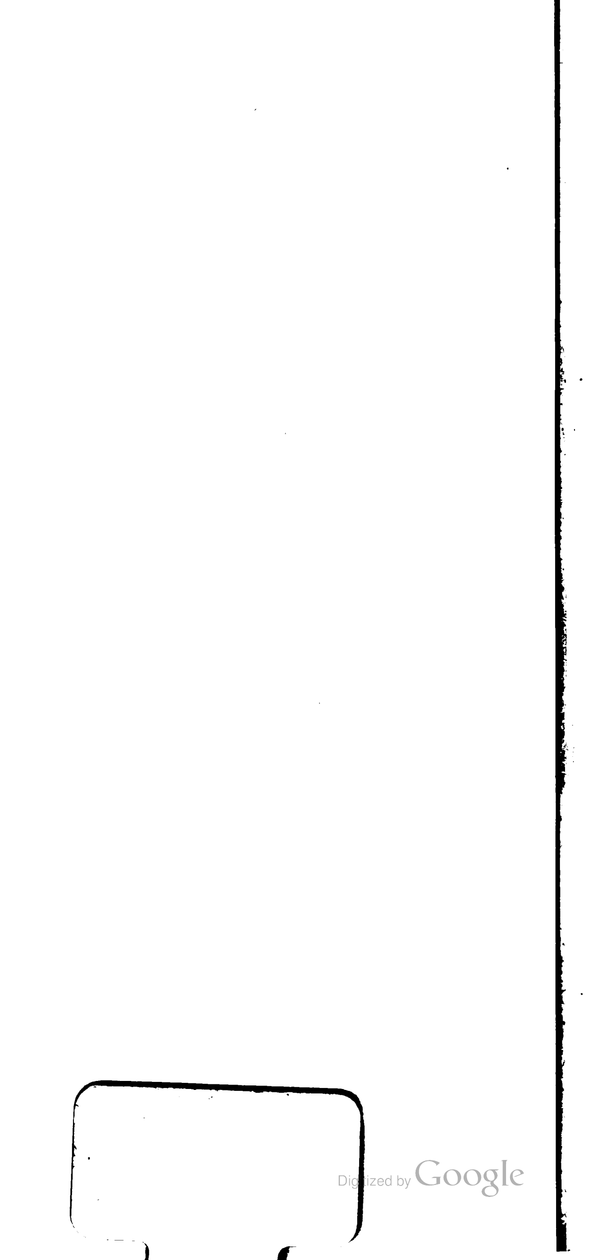
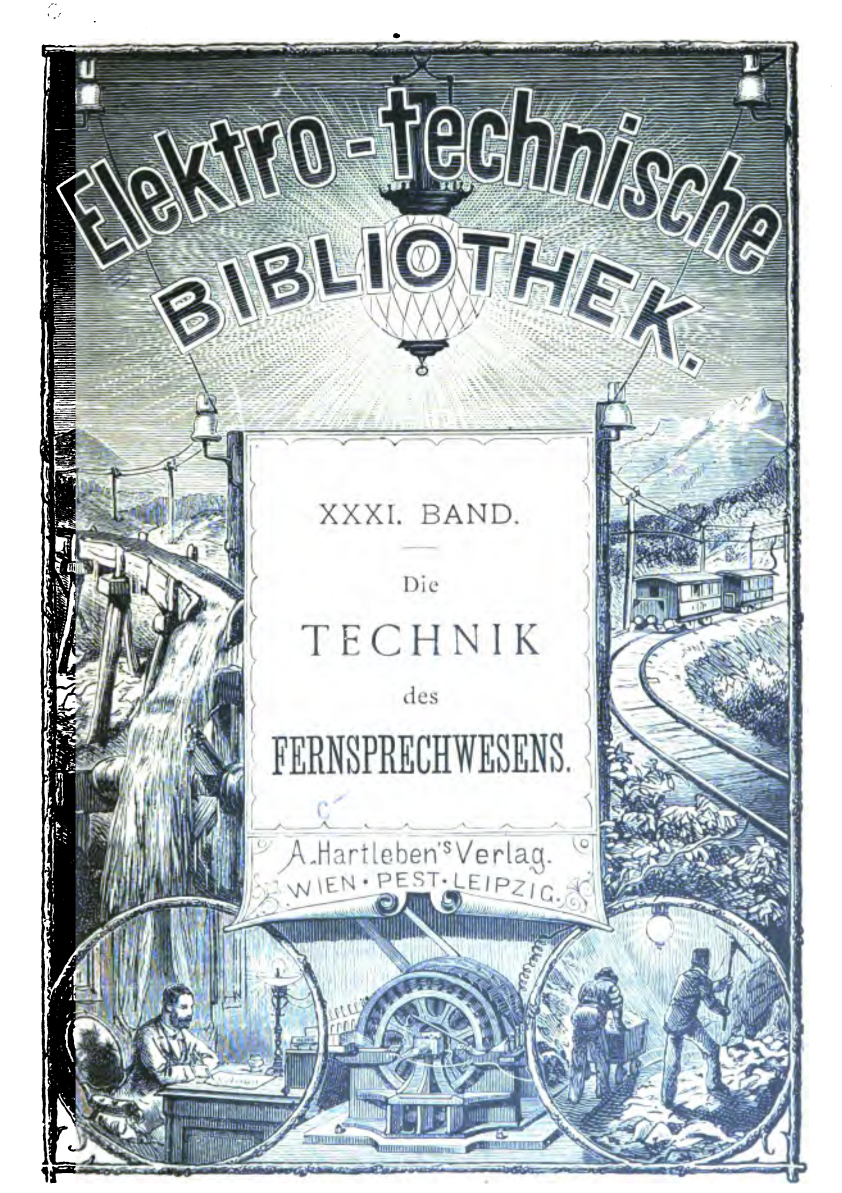





Elektro-technische
BIBLIOTHEK.
XXXI. BAND.
Die
TECHNIK
des
FERNSPRECHWESENS.
A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

DIE TECHNIK

DES

FERNSPRECHWESENS.

Von

Dr. V. WIETLISBACH

IN BERN.

MIT 123 ABBILDUNGEN



WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1886.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorwort.

Die nachstehenden Blätter sollen eine Uebersicht über den gegenwärtigen Stand der Technik des Fernsprechwesens bieten. Es sind nur diejenigen Apparate und Einrichtungen erwähnt worden, welche nach Kenntniss des Verfassers in der Praxis sich allgemein bewährt haben. Auf die historische Entwickelung ist keine Rücksicht genommen worden. Dieselbe findet sich im sechsten Bande dieser Sammlung von Theod. Schwartze geschildert. Ebenso sind die zahlreichen anderweitigen Anwendungen des Telephons, wie zu elektrodynamischen Messungen, zur Untersuchung der Metalle mit der Inductionswage, zu physiologischen Experimenten u. s. w. unerwähnt geblieben. Ich hoffe, dass durch diese grosse Beschränkung es mir möglich geworden ist, in dem mir vorbestimmten Umfange dieses Bandes wenigstens die wichtigeren Gegenstände, welche sich auf die Technik des Fernsprechwesens beziehen, zusammenzustellen.

Als Quellen, welche zu Rathe gezogen und namentlich für die Figuren benützt worden sind, nenne ich: die „Elektrotechnische Zeitschrift", das „Centralblatt für Elektrotechnik", die „Zeitschrift für Elektrotechnik", „Lumière électrique", „Electrical World", und das „Lehrbuch der Telephonie" von Grawinkel.

Der Verfasser.

Inhalt.

Illustrations-Verzeichniss.

Einleitung.

Das Fernsprechwesen löst die Aufgabe, gesprochene Worte mit Hilfe der Elektricität von einem Orte an einen anderen zu übertragen, wenn die beiden Orte so weit auseinanderliegen, dass eine directe Uebertragung der Schallwellen durch die Luft oder durch andere mechanische Mittel unmöglich wird. Die Distanz, auf welche diese Uebertragung möglich ist, kennt man noch nicht genau, da sie mit der Vervollkommnung der Apparate und der Leitungen stetig wächst; immerhin beträgt sie jetzt schon mehrere Hunderte von Kilometern. — Der Natur der Sache nach zerfällt eine einfache Fernsprechanlage in drei Theile.

1. Den Sender, welcher die Schallwellen der Luft absorbirt und dieselben in elektrische Energie umsetzt.

2. Die Leitung, welche die elektrische Energie von dem einen Orte zum anderen überleitet.

3. Den Empfänger, welcher die elektrische Energie aus der Leitung aufnimmt, und dieselbe wieder in die mechanische Energie der Luftwellen zurückverwandelt; wenn diese dann auf das Trommelfell des Ohres einwirken, so sollen sie in demselben die gleiche Empfindung hervorrufen, wie die vom Sender aufgenommenen Wellen.

Der wahre Werth des Telephons besteht darin, dass es einer grossen Zahl von Personen ermöglicht, unmittel-

bar miteinander in mündlichen Verkehr zu treten, wenn sie auch durch Distanzen von vielen Kilometern getrennt sind. Um das zu ermöglichen, müssen alle Personen, welche dieses Vortheiles theilhaftig werden wollen, mit einem Centralpunkte durch elektrische Leitungen verbunden sein; in diesem Centralpunkte müssen Apparate aufgestellt sein, welche gestatten, die Leitungen ganz nach Bedürfniss miteinander combiniren zu können. Eine vollständige Fernsprechanlage besteht daher aus drei verschiedenen Theilen:

1. Den Fernsprechapparaten, welche die mechanische Energie der Schallwellen in elektrische Energie und umgekehrt verwandeln.

2. Den Leitungen, welche diese Apparate mit dem Centralpunkte und unter sich verbinden.

3. Der Einrichtung des Centralpunktes, wo die verschiedenen Leitungen einmünden und untereinander verbunden werden können.

Wir theilen daher auch unseren Gegenstand in diese drei Abschnitte und beginnen mit dem ersten, indem wir uns zu den Fernsprechapparaten wenden.

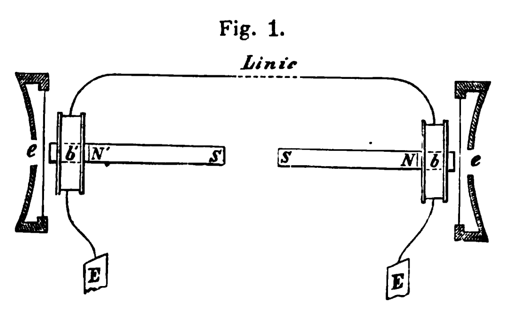
I. Die Fernsprechapparate.

a) Das Telephon.

Der Fernsprechapparat in seiner einfachsten Form wird durch das von Bell construirte Telephon repräsentirt. Dasselbe besteht aus einem Magnetstabe, dessen eine Ende durch ein Stück weiches Eisen gebildet wird, welches mit vielen Windungen von dünnem Kupferdrahte bedeckt ist. Vor dem Eisenkerne und seinen Drahtwindungen ist eine Membran festgeklemmt, welche aus einem ganz dünnen Eisenblech besteht. Durch den dahinter stehenden Stabmagneten influencirt, wird diese Membran selbst zu einem Magneten. Membran und Eisenkern ziehen sich daher mehr oder weniger stark an, je nach der Stärke des Magnetismus des letzteren. Wenn nun durch die Drahtwindungen ein Strom fliesst, so magnetisirt er ebenfalls den Eisenkern, verstärkt den Magnetismus oder schwächt ihn je nach der Richtung des Stromes. Wenn er den Magnetismus verstärkt, so wird die Membran stärker angezogen und diese bewegt sich etwas gegen den Eisenkern zu; wird der Magnetismus geschwächt, so ist die Anziehung der Membran ebenfalls schwächer, und diese bewegt sich von dem Kerne weg. Leitet man durch die Drahtwindungen einen regelmässig und rasch intermittirenden Strom, indem man

etwa eine elektromagnetische Stimmgabel in den galvanischen Kreis einschaltet, so folgen sich gleichzeitig mit dem Stromschluss und der Unterbrechung der Stimmgabel Verstärkung und Schwächung des Magnetismus des Eisenkernes und daher auch Anziehung und Abstossung der Eisenmembran. Diese geräth dadurch in eine schwingende Bewegung, und zwar wird sie genau ebenso viel Schwingungen in der Secunde ausführen, als die Stimmgabel; sie wird daher auch denselben Ton hören lassen wie diese. Man kann nun den Draht, welcher die Stimm-

Fig. 1.

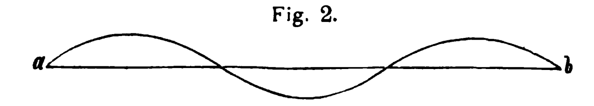


gabel mit dem Telephon verbindet, beliebig lang, viele Kilometer lang machen, und so die mechanische Energie der Stimmgabelschwingungen auf eine ganz beliebig grosse Distanz übertragen. Ersetzt man die Stimmgabel durch ein zweites Telephon, wie dies in der Figur 1 angedeutet ist, so kann man die Membran dieses letzteren durch die Schwingungen der Luft in Vibration setzen.

Nach den Untersuchungen von Helmholtz bestehen bekanntlich die Schallschwingungen der Luft ebenfalls aus ähnlichen Schwingungen, wie sie die Stimmgabel ausführt. Um einen bestimmten Klang, wie er bei der Sprache verwendet wird, zu erzeugen, werden verschiedene ein-

fache Schwingungen von bestimmter Höhe und bestimmter Intensität miteinander combinirt. Soll nur ein einfacher Ton, welcher aus einer harmonischen oder Sinusschwingung besteht, übertragen werden, so wird die Membran eine entsprechende hin- und hergehende Bewegung ausführen. Die Abstände irgend eines Punktes derselben von der Gleichgewichtslage in den aufeinanderfolgenden Zeitmomenten werden durch die Ordinaten der Curve *ab* Fig. 2 gegeben. Bei dieser Bewegung nähert sich die Membran einmal dem Eisenkern, darauf entfernt sie sich wieder von demselben. Da sie aber selbst magnetisirt ist, so wird dadurch auch der Magnetismus des Eisenkernes selbst verstärkt und geschwächt. Diese Variationen des

Fig. 2.



Magnetismus erzeugen ihrerseits in den Windungen, welche den Eisenkern umgeben, Inductionsströme, deren Intensität genau den Schwankungen des Magnetismus entsprechen. Während der Näherung der Membran wird der Inductionsstrom z. B. eine rechtsläufige Richtung haben, bei der Entfernung dann eine linksläufige. Die Intensität entspricht genau der Geschwindigkeit der Bewegung, sie wird am grössten sein, wenn die Membran durch ihre Gleichgewichtslage hindurchgeht, und am kleinsten in den beiden Grenzlagen, wenn die Membran ihre Bewegungsrichtung ändert, wobei dann auch die Stromrichtung umkehrt. Die Intensität des Stromes graphisch dargestellt, wird denselben Verlauf haben, wie ihn Fig. 2 zeigt. Die Zeit in Bruchtheilen von Secunden, welche die Membran gebraucht, um von der einen Grenzlage in die andere überzugehen,

und wieder in ihre Anfangslage zurückzukehren, heisst die Schwingungszeit der betreffenden Bewegung. Der reciproke Werth hiervon, die Schwingungszahl, giebt die Anzahl der Stromwellen in einer Secunde. Die grösste Ausbiegung der Membran oder der grösste Werth der Stromstärke heisst Amplitude; endlich die Zeit, in welcher die Stromstärke zum erstenmal durch den Werth Null hindurchgeht, die Phase der Bewegung. Die Phase ist nur eine relative Grösse, indem sie die Zeitdifferenz zwischen einem willkürlich gewählten Anfangspunkte der Zeitzählung und dem Anfangsmoment der Bewegung darstellt.

Der im ersten Telephon durch die Vibration der Membran erzeugte wellenförmige Strom gelangt durch die Leitung zum zweiten Telephone. Entsprechend seinem Verlaufe wird der Magnetismus des Eisenkernes dieses letzteren abwechselnd verstärkt und dann wieder geschwächt. In Folge davon wird auch die Membran stärker und schwächer angezogen, sie nähert sich dem Eisenkerne und entfernt sich hierauf wieder von demselben, und führt so ähnliche Schwingungen aus, wie die Membran des ersten Telephons. Doch bewegen sich die beiden Membranen nicht ganz gleich. Diejenige im zweiten Telephone, dem Empfänger, wird dem Eisenkerne am nächsten sein, wenn die Intensität des Stromes am stärksten ist; das ist aber derjenige Zeitmoment, wo die Membran des ersten Telephons, des Senders, mit ihrer grössten Geschwindigkeit durch ihre Gleichgewichtslage hindurchgeht. Die Bewegung der einen Membran ist daher immer um eine viertel Wellenlänge hinter der Bewegung der anderen zurück. Da aber der vom Ohre wahrgenommene Klang von der Phase der Bewegung

nicht abhängt, sondern ganz allein nur von der Höhe und der Intensität derselben, so hat diese Veränderung des Bewegungszustandes keinen Einfluss auf die Uebertragung.

Es ist bei dem eben geschilderten Vorgange sehr merkwürdig, dass die Apparate vertauschbar sind, in dem Sinne, dass derselbe Apparat das einemal als Sender, das anderemal als Empfänger functioniren kann. Er ist also fähig, ebenso wohl elektrische Energie in mechanische als umgekehrt mechanische in elektrische zu verwandeln, und gehört von diesem Standpunkte aus zu den sogenannten reversibeln Maschinen.

Wenn mehrere einfache harmonische oder Sinusschwingungen combinirt werden, wie dies bei allen Lauten der menschlichen Sprache der Fall ist, so tritt einfache Superposition der einzelnen Bewegungen ein, und es pflanzt sich jeder einzelne Bestandtheil des Klanges gerade so fort, als ob er allein vorhanden wäre.

Bei unseren bisherigen Betrachtungen sind wir von dem Standpunkte ausgegangen, dass die Uebertragung der elektrischen Wellen in solche der Luft durch die erzwungenen Schwingungen der Membran geschehe, wie dies ohne allen Zweifel der Fall ist. Es ist aber noch eine andere Uebertragung denkbar, welche man als Resonanz bezeichnet hat. Es ist bekannt, dass Eisenstäbe, welche einer rasch wechselnden Magnetisirung ausgesetzt sind, einen Ton von sich geben. Auf diesem Tönen beruht ja das Telephon von Reis. Dasselbe besteht aus einem dünnen Eisenstabe, welcher in einer entsprechend langen Drahtspirale steckt; durch schnell wechselnde Ströme kommt der Eisenstab in Vibration, diese Bewegung wird durch einen Resonanzkasten aufgefangen und verstärkt,

und an die umgebende Luft übertragen. Man erklärt sich diesen Vorgang durch die Bewegung der Eisenmolecüle, welche beim Magnetisiren immer nach einer bestimmten Richtung gedreht werden, um nachher wieder in ihre alte Lage zurückzukehren, und bei dieser Vibration den ganzen Eisenstab in einen entsprechenden Bewegungszustand versetzen, welcher aus kleinen rasch aufeinanderfolgenden Erschütterungen besteht.

Wenn man bei dem Telephon von Bell die Membran entfernt, so hört man denselben schwachen Ton, welcher von dem Eisenkern, theilweise auch von der Drahtspirale ausgeht; er ist aber so schwach, dass er gegenüber den Schwingungen der Membran gar nicht in Betracht fällt. Er hat dennoch schon mehrmals eine Rolle gespielt. Mehrere Erfinder, deren Telephone angeblich auf diesem Principe beruhten, wollten ihn als Brücke in das Patentamt benützen.

Bei einer telephonischen Uebertragung, welche aus zwei vollständig identisch gebauten Apparaten besteht, lassen sich folgende successiv aufeinanderfolgende Vorgänge unterscheiden:

1. Die Schallwellen der Luft treffen die Membran des Telephons und versetzen dieselbe in Schwingung.

2. Die schwingende Membran erzeugt eine Veränderung des magnetischen Feldes des betreffenden Telephons.

3. Die Aenderungen des magnetischen Feldes inducircn in der Spirale des Telephons *A* Inductionsströme.

4. Die Inductionsströme werden von dem Telephon *A* durch einen Eisen- oder Kupferdraht nach dem Telephon *B* übergeleitet.



5. Im Telephon B erzeugen die Inductionsströme Aenderungen der Intensität des magnetischen Feldes.

6. In Folge dieser Aenderungen des magnetischen Feldes wird die Membran des Telephons B in Schwingung versetzt.

7. Die Schwingungen der Membran erzeugen am Orte B Luftwellen, welche sich ihrerseits bis zum Trommelfell des Ohres fortpflanzen.

Damit die telephonische Uebertragung vollkommen sei, müssen die Luftwellen in A und diejenigen in B einander soweit äquivalent sein, dass sie auf das Ohr genau denselben Eindruck machen. Hierzu sind drei verschiedene Bedingungen zu erfüllen.

Erstens muss die vibrirende Bewegung der Luft an beiden Orten sich in dieselben einfachen Wellen zerlegen lassen. Wenn z. B. bei der Bewegung am Orte A drei Wellen zusammenwirken, deren Schwingungszahlen 100, 200 und 300 sind, so muss sich die Bewegung am Orte B aus denselben einfachen Wellen combiniren lassen.

Zweitens müssen die Amplituden der verschiedenen einfachen Wellen in demselben Verhältnisse zu einander stehen, d. h. die Amplituden der Wellen in B müssen um denselben constanten Factor kleiner sein als diejenigen in A. Wie gross dieser Factor ist, hängt von der Beschaffenheit der Leitung und der Apparate ab.

Diese beiden Bedingungen werden von den elementaren Principien gefordert, auf welchen nach Helmholtz die Theorie von den Tonempfindungen beruht, nach welcher der einzelne Klang durch die Höhe und die Intensität seiner Partialtöne charakterisirt wird.



Hierzu kommt nun noch als dritte Bedingung, dass die Wellen, welche in A zusammengehören und also miteinander einen bestimmten Klang bilden, auch gleichzeitig in B anlangen, und von der Membran gleichzeitig reproducirt werden, d. h. die Phasen aller Wellen in B gegenüber denjenigen von A müssen gleich sein. Wäre dies nicht der Fall, so könnte es geschehen, dass ein Ton, welcher in A zu einem bestimmten Klang gehört, in Folge seiner Beschaffenheit sich mehr verzögerte als die anderen und dann zu einem späteren Klang übertreten könnte, wodurch natürlich sowohl der erste als der zweite Klang entstellt würden.

Um entscheiden zu können, ob es möglich sei, diese drei Bedingungen zu erfüllen, müssen wir die Kräfte, welche bei der Uebertragung ins Spiel kommen, genauer untersuchen.

Von den 7 oben auseinandergehaltenen Vorgängen erfordert der erste und der letzte, dass die Membran möglichst homogen und leicht beweglich sei, so dass sie den Bewegungen der Lufttheilchen leicht folgen kann. Sie darf dabei keine anderen Bewegungen ausführen als gerade diejenigen, welche die Lufttheilchen veranlassen. Sie darf daher auch keine freien Schwingungen ausführen, wie das der Fall sein würde, wenn ihre Elasticität zu gross wäre. Die meisten Membranen erfüllen diese Bedingung nur für sehr kleine Schwingungsamplituden.

Diese Forderung über die Beschaffenheit der Membran ist eine mechanische Bedingung. Die übrigen Bedingungen beziehen sich auf das magnetische Feld und die elektrische Beschaffenheit der Leitung.

Das Telephon besteht, vom elektrischen Standpunkt aus betrachtet, aus einem magnetischen Felde, einer



Inductionsspirale und einer Membran, und es müssen nun in erster Linie diese verschiedenen Theile richtig combinirt werden.

Das magnetische Feld ist ein zusammengesetztes. Es wird gebildet durch den Stahlmagneten mit vorgesetztem Eisenkern, der schwingenden Eisenmembran, welche durch Induction von Seite des ersteren ebenfalls magnetisch wird, und endlich dem elektrischen Strom, welcher in der Multiplicatorspirale fliesst. Von diesen drei zusammenwirkenden Ursachen sind zwei mit der Zeit veränderlich, und nur der Einfluss des Stahlmagneten bleibt sich stets gleich. Von den beiden anderen Ursachen ist die eine von der anderen abhängig. Wird das Telephon als Sender benützt, so ist die Bewegung der Membran das ursprüngliche Moment, welches den Strom in der Spirale erzeugt. Wird der Apparat aber als Empfänger benützt, so ist umgekehrt der circulirende Strom das Gegebene und die Bewegung der Membran die Folge davon. Für die Wirksamkeit des Telephons ist es nun äusserst wichtig, wie die Intensität des magnetischen Feldes, d. h. seine Kraftlinien, sich ändern, wenn eine der Ursachen Schwankungen ausführt. Damit das Telephon richtig functioniren kann, müssen die elektrischen Wellen, welche von der Membran erzeugt werden, den Amplituden der letzteren genau proportional sein, oder umgekehrt die letzteren genau proportional den Amplituden der elektrischen Wellen, welche durch die Spirale fliessen, je nachdem der Apparat als Empfänger oder als Sender benützt wird. Nur dann kann sich die Klangfarbe erhalten. Um diese Forderung zu erfüllen, müssen die einzelnen Theile der Membran während ihrer Bewegung sich in einem homogenen

magnetischen Felde befinden. In diesem Falle sind die Kräfte der Induction und die Bewegungen der Membran einander proportional. Wenn die Bewegung der Membran sehr klein ist, so kann man diese Bedingung fast immer als erfüllt ansehen. Wenn aber die Membran grössere Schwingungen ausführen soll, wie bei den sogenannten lautsprechenden Telephonen, so darf man das nicht mehr voraussetzen. Es wird dann die Membran bei der Annäherung an den Eisenkern in einem intensiveren magnetischen Felde sich befinden als bei der Entfernung, und daher während dieser Periode einen stärkeren Strom erzeugen. Es ist äusserst schwierig, lautsprechende Telephone zu construiren, welche die Klangfarbe unverändert wiedergeben. Alle solchen bis jetzt construirten Apparate entstellen die Stimme mehr oder weniger zum Theil aus diesem Grunde, zum Theil weil die freien Schwingungen der Membran zu stark hervortreten.

Eine weitere Bedingung für das magnetische Feld ergiebt sich aus folgender Ueberlegung:

Wenn die Membran sich bewegt, so wird im Allgemeinen das magnetische Kraftfeld verändert, in gewissen Gegenden wird es verstärkt, in anderen geschwächt. Es handelt sich darum, zu wissen, wie es sich verändert in derjenigen Gegend, wo die Inductionsspule liegt. Der übrige Theil ist für uns gleichgiltig. Wenn bei Annäherung der Membran das Feld, wo die Spule liegt, geschwächt wird, so inducirt die Bewegung einen solchen Strom, welcher für sich allein die Membran abstossen würde. Wird dagegen das magnetische Feld verstärkt, so entsteht ein Strom, welcher für sich die Membran anziehen würde. Dazwischen liegt nun noch der Fall, wo das magnetische Feld gar nicht verändert wird, und wo das

Telephon ganz unempfindlich bleibt. Von den beiden ersteren Fällen ist der zweite offenbar vorzuziehen; denn es wirken dann Membran und Inductionsstrom sich gegenseitig unterstützend. Bei der Annäherung der Membran entsteht ein Strom, welcher den Eisenkern so magnetisirt, dass er dieselbe noch mehr anzuziehen strebt, wodurch die Empfindlichkeit des Telephons erhöht wird. Da alle Aenderungen proportional den Amplituden der Membran vor sich gehen, so hat diese Multiplication keinen Einfluss auf die Vollkommenheit der Uebertragung.

Beim ersten Falle würden sich Membran und Inductionsspule entgegenwirken und es würde die Empfindlichkeit des Instrumentes gefährdet werden. Wie die Erfahrung zeigt, wird der günstigste Fall realisirt, wenn die Drahtwindungen etwas oberhalb des Magnetpoles und in die Nähe der Axe des Magnetes gebracht werden. Die Stärke des Stahlmagnetes und die Grösse der Membran sind hiebei von wesentlichem Einfluss. Man kann in Bezug hierauf zwei extreme Fälle unterscheiden:

Ist die Membran ganz dünn und der Stahlmagnet kräftig, so kann die erstere so wenig Einfluss auf die Kraftlinien ausüben, dass diese die Membran ungehindert durchsetzen. Die Membran wird dann zu einem Transversalmagneten, wobei die dem Nordpol des permanenten Magneten zugewendete Seite zum Südpol und die abgewendete Seite zum Nordpol wird. Den Verlauf der Kraftlinien in diesem Falle zeigt Figur 3a. Anders verhält es sich, wenn die Membran im Stande ist, den grössten Theil der Kraftlinien abzulenken und an sich zu ziehen. In diesem Falle wird die Membran zu einem anularen Magneten. Ihr Centrum bildet einen Südpol, und der Rand verhält sich nordmagnetisch, wie Figur 3 b

klar machen soll. Es kommt jetzt darauf an, zu entscheiden, welcher der beiden Fälle der vortheilhaftere sei. Zu diesem Zwecke wollen wir mit Hilfe des magnetischen Potentials die Kräfte berechnen, welche zwischen

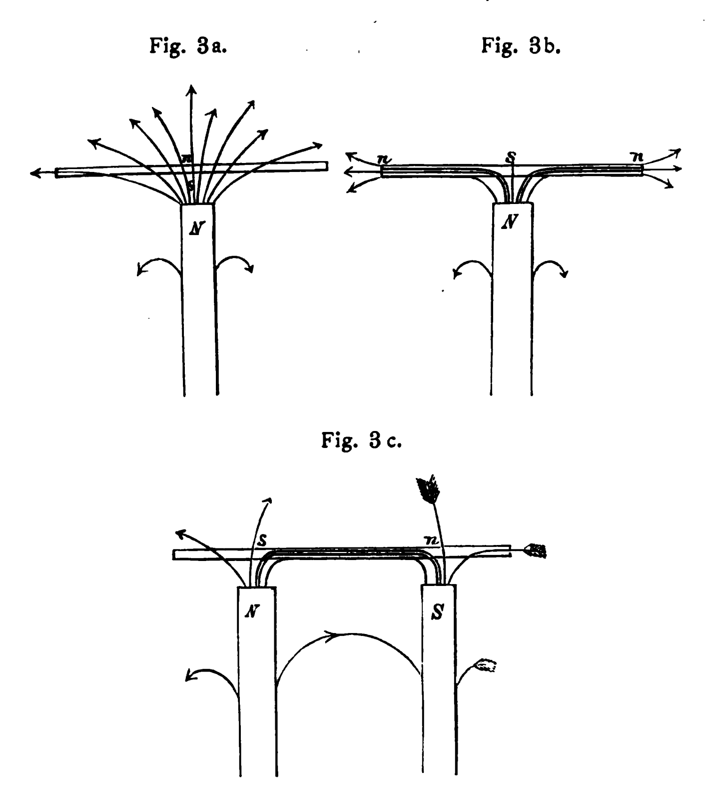


Fig. 3a. Fig. 3b.

Fig. 3c.

dem Eisenkern und der Membran wirken. Wir können annäherungsweise die Wirkung der Inductionsspule auf die Membran durch die Wirkung eines magnetischen Poles ersetzen, welcher in der Axe des Eisenkernes liegt.

Derselbe besitzt eine variable Intensität und würde streng genommen auch seine Lage ändern. Zur Entscheidung der vorliegenden Frage können wir aber hievon absehen und seine Lage als fest annehmen. Es bezeichne nun N die magnetische Masse im Nordpol des Eisenkernes, welcher also sowohl seine Intensität, als seine Stellung ändert, $+ n$ und $- n$ dieselbe im Nordpol und Südpol der Eisenmembran, ferner r die Distanz zwischen Pol N und Membran, und l die Poldistanz der transversal-magnetisirten Eisenmembran (näherungsweise die Dicke derselben), dann ist das magnetische Potential dieser Membran in Bezug auf den Stahlmagneten

$$P = \frac{N n l}{r(r+l)}$$

und die magnetische Kraft zwischen Magnet und Membran

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{Nn(2r+l)\,l}{(r+l)^2 r^2}$$

Für eine anular magnetisirte Membran ist nur der Pol in ihrem Centrum zu berücksichtigen, die magnetische Masse, welche über den Rand vertheilt ist, hat eine zu grosse Distanz von dem Pole N; überdies ist der Rand festgeklemmt. Das magnetische Potential ist daher

$$P = \frac{Nn}{r}$$

und die magnetische Kraft zwischen Magnet und Membran

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{Nn}{r^2}.$$

Bei der Vergleichung der beiden Kräfte sieht man, dass der anulare Magnet viel stärker wirkt als der transversale, die beiden Kräfte verhalten sich ungefähr wie $l : r$, wo l wenigstens zehnmal kleiner ist als r.

Man muss daher darauf sehen, dass die Membran des Telephons nicht transversal magnetisirt wird. Auf das Bestreben, das zu erreichen, sind die bis jetzt erfundenen verschiedenen Formen von Telephonen zurückzuführen.

Richtige Abmessung des Magnetes und des Eisenkernes genügen, bei dem einfachen Bell-Telephon diesen Zweck zu erreichen. Bei der am weitesten verbreiteten Form desselben besteht der Magnet aus vier prismatischen Lamellen von 115 Millimeter Länge, welche durch Schrauben zu einem Magazin vereinigt sind. Die Pole werden durch zwei mit Lappen versehene Cylinder aus weichstem Eisen gebildet, welche mit den Lamellen verschraubt werden. Auf dem einen Polschuh sitzt die Drahtspirale, welche aus Seidendraht von 0.16 Millimeter Durchmesser gebildet wird. Der elektrische Widerstand derselben beträgt ungefähr 100 Ohm. Die Membran aus weichem Eisenblech hat einen Durchmesser von 57 Millimeter und eine Dicke von $^1/_4$ Millimeter. Das ganze Telephon ist in eine Hülse von schwarzem Ebonit eingeschlossen, die Membran durch einen aufgeschraubten Deckel aus demselben Material befestigt. Um ein Verrücken des Magnetes zu vermeiden, wird die Hülse gewöhnlich mit schwer schmelzbarem Paraffin ausgegossen. Fig. 4 giebt einen Durchschnitt durch dieses Telephon.

Fig. 4.

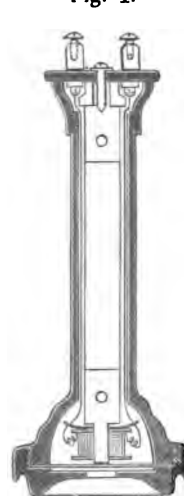
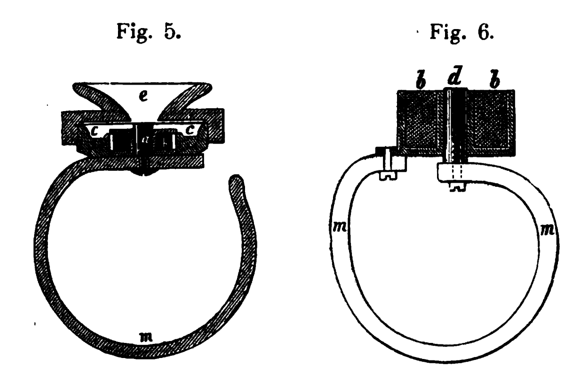


Fig. 5 ist ein Durchschnitt durch das sogenannte Ponny-Telephon. *m* ist der halbkreisförmig gebogene

Magnet, *a* der weiche Eisenkern, *b* die Drahtspirale, *cc* die Membran und *e* der Schalltrichter. Dieses Telephon zeichnet sich durch sein kleines Gewicht aus, welches blos 200 Gramm beträg. Es wird daher besonders von den Beamten der Centralstationen gebraucht, welche bei langem Sprechen durch die Handhabung schwerer Telephone zu sehr ermüdet würden.

Auf eine eigenthümliche Weise wird bei dem Telephon von d'Arsonval die Erzeugung einer anular magnetisirten Membran erzwungen. Der Durchschnitt

Fig. 5. Fig. 6.

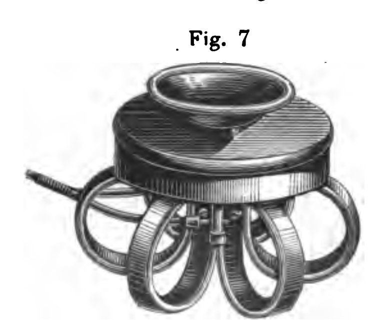


durch dasselbe zeigt Fig. 6. Der Magnet *m* ist beinahe kreisförmig gebogen. Auf dem einen Pol sitzt der weiche Eisenkern *d*. Auf demselben ist eine Hülse von Eisenblech aufgesetzt, in welche die Drahtspirale *b* eingelegt ist. Der zweite Pol des Magneten legt sich nun auf diese Hülse und magnetisirt dieselbe entgegengesetzt wie den Eisenkern. In Folge dessen wird daher auch der Rand der Membran, welcher auf dem äusseren Rande der Hülse aufliegt, magnetisirt, und zwar entgegengesetzt wie das Centrum derselben.

Durch eine ähnliche Anordnung wird auch bei dem Kronen-Telephon von Phelps die anulare Magnetisirung hervorgerufen. Wie aus der Fig. 7, welche eine Ansicht dieses Telephons giebt, hervorgeht, besitzt dasselbe sechs bogenförmig gekrümmte Magnete, welche alle mit ihrem Nordpol den weichen Eisenkern im Mittelpunkt berühren, mit ihrem Südpol aber auf einem eisernen Ringe befestigt sind, auf welchem die Membran aufliegt.

Das am häufigsten benützte Mittel, die Entwickelung eines Transversalmagneten zu verhindern, besteht in der Anwendung eines hufeisenförmig gebogenen Magneten, dessen beide Pole der Membran gegenübergestellt und mit je einer entsprechend gewickelten Drahtspirale bedeckt werden. Fig. 3 c, Seite 14, veranschaulicht den Verlauf der Kraftlinien für diesen Fall. Man erhält den zwei Polen des Magneten gegenüber zwei ebensolche von entgegengesetzten Zeichen in der Membran, und also auch zwei Angriffspunkte der elektrischen Kräfte, welche aber nicht im Centrum der Membran, sondern excentrisch angreifen. Dieser Umstand hat einen Nachtheil zur Folge. Bekanntlich kann eine Membran, welche in Schwingung versetzt wird, eine ganze Reihe von Tönen geben, welche durch verschiedene Knotenlinien charakterisirt sind. Es ist nun vorauszusehen, dass im vorliegendem Falle, wo die Membran unter dem Einflusse von zwei excentrisch angreifenden Kräften schwingt, diejenigen

Fig. 7



Töne hervorgerufen werden, deren Bäuche durch jene Angriffspunkte hindurchgehen. Dadurch wird die Klangfarbe etwas geändert werden, sobald die Membran grössere Schwingungen ausführen soll. Die Telephone mit Hufeisenmagneten tönen gewöhnlich lauter, aber die Stimme erscheint nie ganz so rein wie bei Telephonen mit einfachen Magneten. Sie eignen sich hauptsächlich als Sender, wo dann die freien Schwingungen der Membran durch die Luftschwingungen gedämpft oder ganz vernichtet werden, und diesen Zweck erfüllen sie viel besser als die einpoligen Telephone, deren kleine Membrane zu wenig Eisen enthalten, um bei ihren Schwingungen kräftige Inductionsströme zu erzeugen. Die Hufeisenmagnete geben in der Regel ein sehr intensives magnetisches Feld, und es darf daher auch die Membran ziemlich dick gewählt werden. Diese wird schon wegen constructiver Verhältnisse immer grösser ausfallen als bei den einpoligen Telephonen und bei ihren Schwingungen daher auch entsprechend stärkere Ströme erzeugen.

Unter den in die Kategorie der zweipoligen Telephone gehörenden Fernsprechern ist der bekannteste derjenige von Siemens. Fig. 8 zeigt die Ansicht und einen Durchschnitt desselben. Auf den Hufeisenmagneten *mm* sind die beiden Polschuhe *ss* mittelst Schrauben befestigt. Diese Polschuhe tragen die mit ihnen verbundenen kleinen ovalen Eisenstücke *uu*, welche von den Drahtspulen umgeben sind. Durch die Brettchen *hh*, welche mit Schrauben an den Magneten festgepresst sind, werden die Leitungsdrähte von den Spiralen nach dem Holzklotz *i* geführt, wo die Doppelschnur nach aussen sich anschliesst. Auf demselben Holzstück ist auch der Magnet mit einer Schraube *q* befestigt, und das ganze in eine blecherne

Röhre eingeschoben. An diese Röhre ist ein Holztrichter *a b* angesetzt, in welchem die Membran eingeschlossen ist. Die Distanz der Membran gegenüber den Eisenkernen *uu* kann regulirt werden, indem durch Anziehen

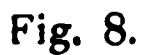
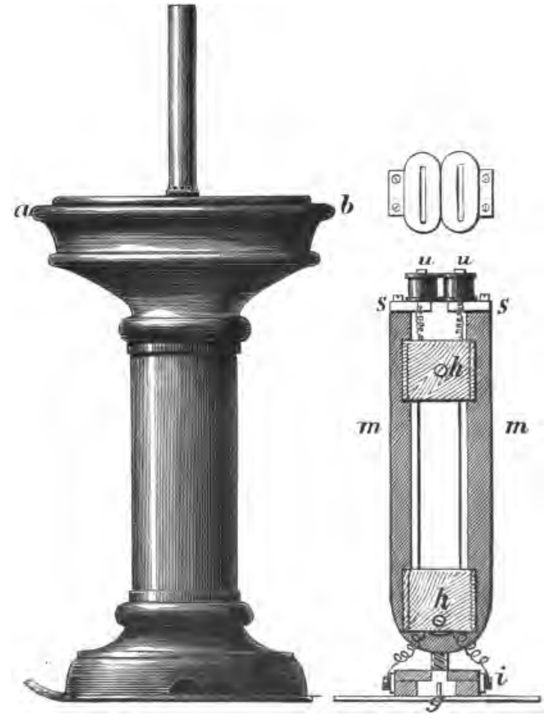


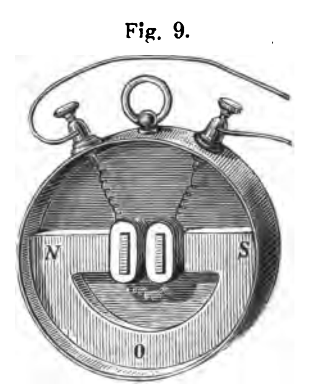
Fig. 8.



der Schraube *g* der Magnet in verticaler Richtung sich etwas verschieben lässt. Um die beste Lage zu finden, schraubt man den Magneten so nahe, dass er die Membran berührt. Dann schraubt man zurück und horcht gleichzeitig im Telephon, bis man das Abspringen der Mem-

bran beobachtet. Wenn man dann die Schraube noch um einige Grade rückwärts verdreht, so wird man die günstigste Lage erreicht haben. Mit der Zeit ändert sich die Elasticität und das magnetische Feld etwas, und es muss daher das Telephon von Zeit zu Zeit neu regulirt werden. Auch ist die Regulirung etwas verschieden, je nachdem das Telephon als Empfänger oder als Sender benützt wird. Im ersteren Falle muss die Membran möglichst nahe an den Magnet gestellt werden, im letzteren darf sie etwas weiter entfernt sein, um die Schwingungen der Membran durch Anprallen an den Magneten nicht zu hindern. Bei den neueren Telephonen ist die Regulirung etwas verändert, statt durch Verschieben des Magnetes wird sie durch Verschieben der Membran bewerkstelligt, indem das Gehäuse, in welchem diese befestigt ist, verdreht werden kann. Als Empfänger sind diese Telephone etwas schwerfällig zu handhaben. Ein einzelnes Telephon wiegt 1000 Gramm.

Fig. 9.

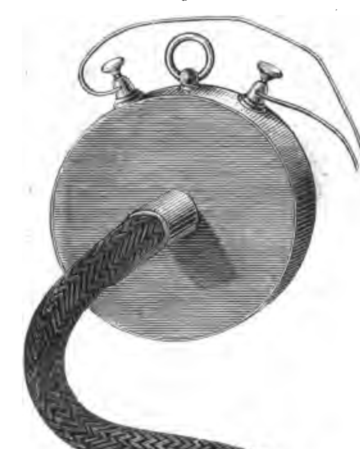


Um zu vermeiden, dass das Telephon an das Ohr gehalten werden muss, verwendet Gower ein Hörrohr in Form eines circa 1 bis 3 Meter langen Schlauches, welcher auf das Telephon aufgeschraubt wird. Fig. 9 zeigt dieses Telephon ohne Deckel, und Fig. 10 gibt die vollständige Ansicht desselben. Wie aus den Abbildungen ersichtlich ist, hat der Magnet *NOS* eine etwas abweichende, eigenthümliche Gestalt, und ist in eine flache cylindrische Blechkapsel eingeschlossen. Auf die

Mitte des Deckels gegenüber dem Centrum der Membran ist das Hörrohr aufgeschraubt.

Ader hat sich bei seinem Telephon mit kleineren Dimensionen begnügt. Fig. 11 giebt eine Ansicht dieses elegant aussehenden Telephons, und Fig. 12 einen Durchschnitt durch dasselbe. *mm* ist der ringförmig gebogene Magnet, *bb* die auf den Polen desselben aufsitzenden Drahtspiralen, *cc* die Membran. Um trotz der kleinen Dimensionen eine grosse Empfindlichkeit zu erreichen, ist der Rand der Membran mit einem Eisenring *aa* belegt. Dieser Ring, durch Influenz von Seite des Stahlmagneten selbst magnetisch, concentrirt die Kraftlinien des ersteren, so dass noch eine viel grössere Zahl derselben die Membran durchsetzen und dementsprechend die Leistungsfähigkeit des Apparates gesteigert werden soll.

Fig. 10



Das Ader-Telephon eignet sich sehr gut als Empfänger, als Sender ist es aber nicht brauchbar, weil die Bewegungen der Membran zu klein sind, um erhebliche Ströme induciren zu können.

Die Bedingungen, welche ein Telephon zu erfüllen hat, wenn es als Sender oder als Empfänger benützt

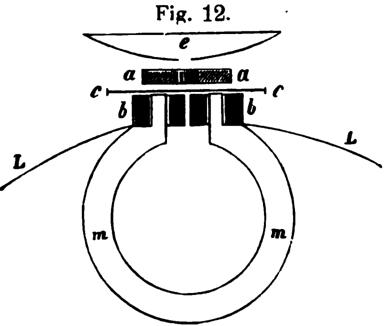
wird, sind nicht dieselben, wenn auch dasselbe Instrument zur Noth beide Functionen erfüllen kann. Die Bewegung der Membran ist durch drei verschiedene Kräfte bestimmt. Einmal wirken die inneren elastischen Kräfte E, welche die Membran in ihrer Gleichgewichtslage festzuhalten streben; dann kommen die elektromagnetischen Kräfte zwischen Membran und Eisenkern M und endlich drittens die Kräfte, welche durch den Anprall der Luftmolecüle auf die Membran ausgeübt werden, und deren Grösse mit L bezeichnet werden soll.

Fig. 11.

Wird nun das Telephon als Sender gebraucht, so ist als die auf die Membran wirkende bewegende Kraft die Energie der anprallenden Luftwellen zu betrachten, und diese wird absorbirt durch die Elasticität der Membran und durch die elektromagnetische Induction. Daher ist

$$L = M + E.$$

Fig. 12.



Wird das Telephon dagegen als Empfänger gebraucht, so wird die Energie des elektrischen Stromes einerseits durch die Elasticität der Membran, und andererseits durch den Luftwiderstand absorbirt.

Es ist in diesem Falle

$$M = L + E.$$

Am vortheilhaftesten ist in beiden Fällen, wenn die Elasticität der Membran möglichst klein ist, da der von ihr absorbirte Theil der Energie als Verlust zu betrachten ist. Man kann aber in dieser Richtung auch zu weit gehen. Wenn die Membran zu weich ist, so biegt sie sich in der Ruhelage unter dem Einflusse des Magneten durch, und nimmt eine bleibend deformirte Gestalt an. Es muss dann das Telephon wieder neu regulirt werden, um die normale Empfindlichkeit herzustellen, und die Deformation wird sich innerhalb bestimmter Zeitperioden wiederholen. Häufig genügt es, die Membran von Zeit zu Zeit zu kehren, wenn die Durchbiegung zu gross geworden ist.

Immerhin werden im günstigsten Falle nur wenige Procente der vom Sender absorbirten Energie der Luftwellen durch den Empfänger wiedergegeben, so dass der Nutzeffect des Telephons ein sehr geringer ist.

Von den verschiedenen Vorgängen, welche bei der telephonischen Uebertragung stattfinden, und welche wir auf Seite 8 und 9 analysirt haben, ist die Ueberleitung des Stromes von dem einem Apparate A zum anderen Apparate B noch nicht betrachtet worden. Wir wenden uns jetzt schliesslich noch zur Untersuchung des Einflusses, welchen die Fortpflanzung der Stromwellen in der Leitung erleiden. Zu diesem Behufe betrachten wir den Vorgang in einem galvanischen Stromkreise, welcher durch zwei Telephone und zwei dieselben verbindenden Drähten besteht. Der Widerstand des ganzen Kreises werde mit W bezeichnet, Q sei das Potential der ganzen Leitung auf sich selbst, also namentlich das Selbstpotential



der beiden Spulen mit Einschluss der in denselben enthaltenen Eisenmassen, n sei die Schwingungszahl des übertragenen Tones, und A die Amplitude der Schwingungen des Senders. Mit Hilfe der Gesetze, welche von Neumann über die Vorgänge der elektrodynamischen Induction abgeleitet wurden, lässt sich berechnen, dass dann die Amplitude des Empfängers folgenden Werth hat:

$$a = \frac{A}{Q\sqrt{\left[1 + \frac{W}{2\pi n Q}\right]^2}}$$

Die Phase φ der im zweiten Telephon erzeugten Schwingung der Membran gegenüber derjenigen des ersten Telephons ist bestimmt durch die Gleichung

$$tn\, \varphi = \frac{W}{2\pi n Q}$$

Der Nenner enthält die Schwingungszahl n, und zwar in der Weise, dass mit grösserem n der Nenner kleiner, die Amplitude daher selbst grösser wird. Die hohen Töne werden also relativ stärker reproducirt als die tiefen, und die Uebertragung ist aus diesem Grunde nicht ganz vollkommen. Denn da die Klangfarbe wesentlich durch die Intensität der einzelnen Partialtöne mitbedingt wird, so ist sie natürlich eine andere, wenn das Verhältniss dieser Intensitäten geändert wird. Neben der Schwingungszahl n erscheint auch der Widerstand W der Leitung im Nenner, und zwar als Factor jenes von n abhängigen Theiles, so dass für kurze Leitungen bei kleinen W der oben erwähnte nachtheilige Einfluss kleiner ist. Er wächst aber für lange Leitungen rasch.

Zur Illustration dieser Verhältnisse habe ich eine kleine Tabelle der Werthe $\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{w}{2\pi n}\right)^2}}$ berechnet, welche untenstehend folgt.

Schwingungszahl	Widerstand der Leitung in Ohm		
	100	1000	10.000
50	0 95	0·48	0·17
100	0·98	0·61	0·24
500	1 00	0·87	0·48
1000	1·00	0·92	0·61
5000	1 00	0·98	0·87

Um einen möglichst einfachen Fall zu haben, wurde das elektrodynamische Potential der Leitung $Q = 1$ gesetzt. Nach den Untersuchungen von Helmholtz wird das Selbstpotential bei den Telephonen gewöhnlich grösser sein, namentlich wenn noch andere Elektromagnete in die Leitung eingeschaltet sind. Es wird dann allerdings der Einfluss der Schwingungszahl etwas kleiner, aber in demselben Masse wird auch die Amplitude kleiner, die Uebertragung also schwächer. Man kann daher nur einen vortheilhaften Mittelwerth aussuchen, aber nicht etwa den nachtheiligen Einfluss des Widerstandes durch Vergrösserung des Selbstpotentials ganz beseitigen wollen.

Die Tabelle zeigt, dass bei den vorausgesetzten Verhältnissen für alle bei der menschlichen Stimme vorkommenden Schwingungszahlen von 50 bis 5000 bei 100 Ohm Leitungswiderstand der Werth jener Wurzelgrösse ungefähr constant bleibt, und die Uebertragung also vollkommen zu nennen ist, indem die hohen und tiefen

Töne in gleicher Intensität wiedergegeben werden. Wächst aber der Widerstand auf 10.000 Ohm, so beträgt die Amplitude für den tiefsten Ton mit 50 Schwingungen in der Secunde nur noch den fünften Theil der Amplitude für den höchsten Ton mit der Schwingungszahl 5000, und schon die Octav des tiefsten Tones wird kaum mit der halben Intensität reproducirt. Unter solchen Umständen wird natürlich die Klangfarbe so sehr entstellt, dass von einer sprachlichen Verständigung keine Rede mehr sein kann.

Dieses Resultat ist sehr wichtig, indem es den grossen Einfluss des Leitungswiderstandes auf die Güte der Uebertragung hervortreten lässt. Je kleiner dieser Widerstand ist, um so besser wird unter übrigens gleichen Umständen, auch gleicher Stromintensität, die Uebertragung ausfallen. Man fängt in neuerer Zeit an, diesem Umstande mehr Rechnung zu tragen, und construirt daher die langen Telephonleitungen mit bestleitendem Kupferdraht, während man früher nur zu leicht sich hierüber weggesetzt hat, von der ganz irrigen Meinung ausgehend, der Widerstand habe keinen wesentlichen Einfluss auf die inducirten Ströme.

Man macht gerne auf die Kleinheit der Ströme aufmerksam, auf welche das Telephon noch ansprechen soll, und bezeichnet das Telephon als das empfindlichste aller galvanometrischen Instrumente. Das ist nur sehr bedingt richtig. Wenn es sich um rasch und regelmässig verlaufende Wechselströme handelt, dann ist dieses Lob gerechtfertigt, in allen anderen Fällen aber nicht. Für gleichgerichtete, auch intermittirende Ströme ist das astatische Galvanometer ein viel empfindlicheres Instrument. Die Ströme übrigens, welche beim Telephoniren

verwendet werden, sind durchaus nicht so klein, wie man sich das gewöhnlich vorstellt. In letzter Zeit hat Charles R. Gross in Boston die Intensität für verschiedene Vocale und verschiedene Instrumente gemessen. Er erhielt dabei Werthe, welche zwischen 0·7 und 0·07 Milli-Ampère liegen. Immerhin werden diese Zahlen nur für ausnahmsweise kräftige Apparate Giltigkeit haben. Für Siemens-Telephone erhielt ich im Maximum 0·01 Milli-Ampère. Wenn die intermittirenden Ströme in regelmässiger Aufeinanderfolge längere Zeit auf das Telephon einwirken, so genügen schon viel kleinere Amplituden. Doch ist es schwierig, die Empfindlichkeit genau zu bestimmen. Es kommt dabei nicht nur auf die Grösse der Amplituden, sondern auch auf die Raschheit ihrer Aenderungen an, und je nach der Beschaffenheit der Membran hat der eine oder andere Umstand einen grösseren Einfluss. In der That sind bisher darüber keine genauen Messungen angestellt worden, bei denen namentlich das Selbstpotential der Leitung, welches auf den Verlauf rasch wechselnder Ströme den grössten Einfluss hat, berücksichtigt worden wäre. Nach Versuchen von W. Siemens genügt ein galvanischer Strom von 0 005 Milli-Ampère, der in der Secunde 200mal die Richtung wechselt, um das Telephon noch schwach ansprechen zu lassen. Es ist aber wahrscheinlich in diesem Falle nicht die Kleinheit der Amplituden, welche das Telephon nach und nach verstummen lässt, sondern die schwache Neigung der Stromcurve, welche durch die eingeschalteten grossen Widerstände deformirt wird. Dies zeigt ein zweiter Versuch, bei welchem das Telephon mit einem Widerstande von 50 Millionen Ohm in die secundäre Wicklung einer kleinen Inductionsspule geschaltet wird,

während der primäre Draht das Element und den Stromunterbrecher enthält. Ohne Zweifel sind bei dem letzteren Versuche die Amplituden viel kleiner, besonders wenn die secundäre Spule möglichst weit ausgezogen wird, aber die sehr rasch verlaufenden Inductionsströme erzeugen dennoch ein viel stärkeres Geräusch als der intermittirende galvanische Strom des ersten Versuches.

Wir haben in dem vorgehenden Capitel nur diejenigen Telephone erwähnt, welche die grösste Verbreitung erlangt haben. Es giebt noch eine grosse Reihe zum Theil ebenso guter Apparate, wir müssen es uns aber versagen, dieselben alle zu erwähnen. Die Zahl derselben wächst fast täglich. Da sie sich aber nur in den Details der Anordnung von einander unterscheiden, wird ihre Construction und Wirkungsweise an Hand unserer bisherigen Auseinandersetzungen leicht verständlich sein. Der Vollständigkeit halber wollen wir noch zwei Telephone anführen, welche durch eine eigenartige Construction sich auszeichnen.

Das lautsprechende Telephon von Ochorowicz, welches hauptsächlich für Musikübertragungen sehr geeignet erscheint, besitzt zwei Membranen, zu jeder Seite des Elektromagneten eine. Die eine Membran besitzt in der Mitte eine Oeffnung, um den Magnet zum Eisenkern zutreten zu lassen. Dieses Telephon zeichnet sich durch einen lauten Ton aus, ist aber in Folge dessen, wie erwähnt, mehr zu Musikübertragungen als zum eigentlichen Sprechen passend.

Das zweite Telephon, dessen wir noch Erwähnung thun wollen, ist das Moleculartelephon, welches in Amerika sich eine gewisse Verbreitung errungen hat, und dessen Eigenthümlichkeit darin besteht, dass die Mem-

bran nicht aus Eisen, sondern aus Kork besteht. Auf dem Eisenkern ist eine Stahlfeder festgenietet, welche an die Korkscheibe anstösst. Durch die in der Drahtspule circulirenden Ströme wird die Feder in Schwingungen versetzt, welche sie der Membran mittheilt.

Es lassen sich natürlich Telephone auf die verschiedenartigste Weise construiren, und die elektromagnetischen Kräfte sind nicht die einzigen, welche gestatten, elektrische Energie in mechanische umzusetzen; doch ist der beim gewöhnlichen Telephon eingeschlagene Weg der Umsetzung der elektrischen Wellen in Luftwellen mit Hilfe einer magnetisirten Membran jedenfalls der directeste. Von den anderen versuchten Methoden wollen wir noch einige wenigstens erwähnen.

Preece hat die Wärmeentwickelung verwendet, welche proportional dem Quadrate der Stromstärke in dem durchflossenen Drahte erzeugt wird. Die undulatorische Erwärmung und Abkühlung soll der umgebenden Luft mitgetheilt und diese dadurch in entsprechende Schwingung versetzt werden. Mit Rücksicht auf die kleine Oberfläche des erwärmten Drahtes kann natürlich auch nur ein schwacher Effect erwartet werden.

Die Verwendung der Condensatoren ist an den Namen des Professors Dolbear geknüpft. Die undulatorischen Ströme, welche zur Ladung eines Condensators verwendet werden, bringen denselben durch die elektrostatischen Kräfte, welche die verschiedenen Belegungen mit veränderlicher Ladung aufeinander ausüben, in Vibration. Aber der vom Condensator erzeugte Ton ist eine Octav höher, als der Schwingungszahl des undulatorischen Ladungsstromes entsprechen würde. Um denselben Ton zu erhalten, muss der Condensator mit einer starken



Batterie von wenigstens 10 bis 20 Elementen geladen gehalten werden. Der Unterhalt einer so grossen Batterie allein lässt die Verwendung eines Condensators gegenüber dem einfachen elektromagnetischen-Telephon nicht in Frage kommen. Der Ton der Condensatoren ist überdies immer schwach.

Ein anderes sehr interessantes Telephon verdankt man Edison. Dasselbe beruht auf einem elektro-chemischen Vorgange. Legt man ein mit schwacher Aetzkalilösung befeuchtetes Papierband auf eine Metallplatte, welche mit dem einen Pole einer Batterie verbunden ist, und fährt mit einem Platinblech, welches mit dem anderen Pole derselben Batterie verbunden ist, mit leichtem Drucke über den Papierstreifen hinweg, so besteht ein gewisser Reibungswiderstand zwischen dem Platinstreifen und dem Papierbande. Dieser Widerstand ist viel grösser, wenn die Stromleitung unterbrochen wird, und ist um so kleiner, je stärker der Strom wird.

Es wird daher an die Telephonmembran ein platinirter Metallstreifen rechtwinkelig befestigt; derselbe gleitet mit leichten Drucke auf einem Metallcylinder, welcher mit einem feuchten Gemische von Kreide, Aetzkali und essigsaurem Quecksilber überzogen ist. Der Metallcylinder wird in rasche Rotation versetzt. Leitet man einen undulirenden Strom von dem Stabe nach dem Cylinder durch die Contactfläche, so wird in Folge der wechselnden Reibung der Stab mehr oder weniger stark fortgezogen, und es wird dadurch auch die mit dem Stabe verbundene Membran in entsprechende Oscillation versetzt. Dieses Telephon ist im Stande, sehr laute Töne zu erzeugen, doch wird in demselben Masse die Sprache undeutlich.



b) Das Mikrophon.

Die Verwendung des Telephons als Sender hat zwei fühlbare Nachtheile. Einmal kann man nur Wellen von schwacher Intensität erzeugen. Die schwingende Membran muss so feine Vibrationen ausführen, dass sich ihre Amplituden nur nach $^1/_{100}$ von Millimetern berechnen. Wie man versucht, stärkere Amplituden zu erzielen, so büsst man sofort wegen der unvollkommenen Elasticität der Membran und der ungleichen Beschaffenheit des magnetischen Feldes an der Deutlichkeit der Uebertragung ein. Das einzige Mittel, welches man hat, die Intensität der Inductionsströme zu vergrössern, besteht in der Verstärkung des magnetischen Feldes, doch auch hier gelangt man bald an eine Grenze, indem das Eisen sich nicht beliebig stark magnetisiren lässt, sondern bald gesättigt ist und auch die Dimensionen der Magnete mit Rücksicht auf die leichte Handhabung des Apparates an enge Grenzen gebunden sind. Anderseits hängt dem Telephon, wie oben gezeigt der Nachtheil an, dass auf langen Linien die hohen Töne gegenüber den tiefen stark begünstigt werden. Das Mikrophon ist nun ein Sender, welcher im Stande ist, diese beiden Fehler zu beseitigen oder wenigstens stark abzuschwächen. Man kann mit Hilfe desselben Stromwellen von viel grösserer Intensität erzeugen, und durch richtiges Anpassen der Dimensionen kann man auch sehr grosse äussere Widerstände ohne erhebliche Schädigung der deutlichen Uebertragung überwinden.

Die bis jetzt erfundenen Mikrophone, deren es eine sehr grosse Zahl giebt, lassen sich auf zwei Grundtypen zurückführen, nämlich auf das Mikrophon von Hughes, und auf dasjenige von Edison.



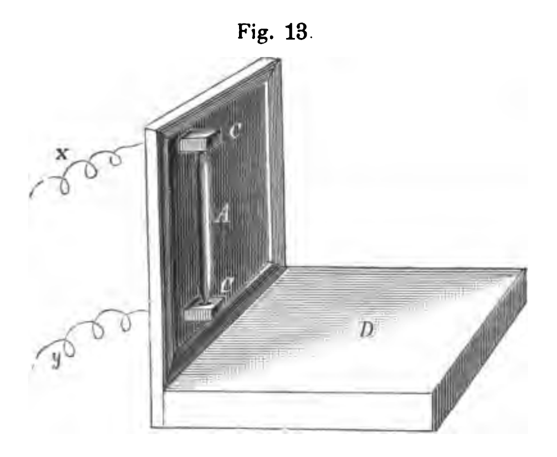
1. Die Mikrophone nach Hughes.

Das Mikrophon von Hughes wird von zwei die Elektricität gut leitenden Körpern gebildet, welche aber einander nur lose berühren. Die Berührungs- oder Contactstelle repräsentirt einen gewissen Widerstand, welcher ausserordentlich empfindlich ist gegen den Druck, mit welchem die beiden Körper auf einander aufliegen. Die kleinste Erschütterung genügt, um denselben erheblich zu ändern. Wird deshalb ein Stromkreis aus einem solchen Contact, aus einer galvanischen Batterie und aus einem Telephon gebildet, so wird das letztere die minimsten Bewegungen des einen oder anderen Körpers anzeigen, indem die dabei entstehenden starken Stromschwankungen die Membran desselben in Bewegung setzen. Am besten eignet sich als Contactkörper die Kohle. Dieselbe hat bekanntlich die Eigenschaft, die Gase sehr stark zu absorbiren, und ist daher an der Oberfläche mit einer Schicht von verdichteter Luft überzogen. Wenn zwei Kohlenstücke aufeinanderliegen, so werden sie stets durch eine ganz dünne Schicht condensirter Luft von einander getrennt, sofern die beiden Stücke nicht mit einer zu starken Gewalt zusammengepresst werden. In dieser condensirten Gasschicht bilden hervorragende Körpertheilchen und suspendirter Staub eine elektrisch leitende Brücke von dem einen Körper zum anderen. Diese Brücke wird durch die leisesten Druckänderungen modificirt, da ihre Gestalt wesentlich durch die molecularen Adhäsionskräfte der Kohlen- und Lufttheilchen bestimmt wird. Ebenso wird sie durch mechanische oder chemische Aenderungen der Oberfläche und durch Schwankungen der Temperatur beeinflusst.

Andere leitende Körper, namentlich Metalle, zeigen dieselben Erscheinungen, nur in viel kleineren Verhältnissen, da ihre Begrenzung nach aussen viel schärfer und bestimmter ist, und daher die die elektrische Leitung vermittelnde Brücke viel kürzer ausfallen muss.

Fig. 13 zeigt den von Hughes ursprünglich construirten Apparat, welcher aus zwei horizontalen Kohlenstücken *C* besteht; diese besitzen einander zugekehrte

Fig. 13.



Einkerbungen, in welchen ein verticales cylindrisches Kohlenstäbchen *A* ruht. Die Stücke *C* sind mit den Leitungsdrähten *x y* verbunden, welche den Strom den Contactstellen zuführen.

Eine Kohlencontactstelle hat bei den gewöhnlichen Mikrophonen im normalen Zustande einen Widerstand von 5 Ohm, der aber in Ausnahmefällen von $^1/_2$ Ohm bis 100 Ohm ansteigen kann.

Um das Mikrophon sehr empfindlich zu machen, kann man eine starke Batterie wählen, und so beliebig

starke Stromschwankungen erzeugen. Allerdings ist es nicht rathsam, mit der Vergrösserung der Batterie zu weit zu gehen. Wenn nämlich der Strom eine gewisse Grösse erreicht, so entstehen bei den kleinsten Erschütterungen Funken, welche die Contactflächen zerstören. Man muss die Batterie so wählen, dass die Spannung zwischen den beiden Contactstücken höchstens ein Volt beträgt, und ist dadurch an ziemlich enge Grenzen in Bezug auf die Stromstärke gebunden. Sie wird unter gewöhnlichen Verhältnissen höchstens ein Ampère betragen.

Viele Forscher haben versucht, eine Theorie des Mikrophons aufzustellen, doch ist es bis jetzt noch nicht gelungen, alle Punkte der Wirkungsweise des Mikrophons vollständig aufzuhellen. Die genauesten neueren Messungen über die Abhängigkeit der Stromschwankungen von Druck und Stromstärke rühren von Beckmann her. Aus denselben geht hervor, dass der Contactwiderstand angenähert mit dem Quadrate des Druckes und mit dem Quadrate der Stromstärke abnimmt; im Ferneren ist derselbe für einen constanten Strom immer grösser als für einen undulatorischen.

Das Merkwürdigste ist aber, dass das Mikrophon ebenso wie das Telephon ein reversibler Apparat ist. Derselbe ist nicht nur im Stande, Luftwellen in elektrische Wellen umzusetzen, sondern auch umgekehrt elektrische Wellen in Luftwellen. Wenn nämlich starke undulatorische Ströme durch einen Mikrophoncontact geleitet werden, so werden dadurch die Contactstücke in entsprechende undulatorische Bewegung versetzt, welche sich der umgebenden Luft mittheilt. Allerdings ist der entstehende Ton relativ sehr schwach, so dass er sich wenigstens bis jetzt noch nicht zu Zwecken des

Fernsprechens verwenden lassen würde. Auch die Ursache dieser Erscheinung, welche zuerst von Hughes, dem Erfinder des Mikrophons beobachtet wurde, ist noch dunkel. Es giebt zwei verschiedene Hypothesen hierüber. Nach der einen sollen die Theilchen der Contactflächen moleculare Schwingungen unter dem Einflusse des durchfliessenden undulatorischen Stromes ausführen auf ähnliche Weise, wie die Eisenmolecüle unter dem Einflusse intermittirender magnetischer Kräfte vibriren. Diese Ansicht wird von Hughes vertreten, der diese Eigenschaft allen leitenden Körpern beilegt, und mit Hilfe seines Sonometers dieselben Töne auch hört, wenn ein undulatorischer Strom einen Kupferdraht durchfliesst. Die zweite Hypothese nimmt thermische Processe zu Hilfe, indem die ungleich starken Ströme proportional dem Quadrate ihrer Intensität die Uebergangsstelle erwärmen. In Folge dessen ändert sich der Wärmezustand der Contactflächen, welcher sich der umgebenden Luft mittheilt. Bei der Erwärmung wird die Luft expandirt, bei der darauf folgenden Abkühlung contrahirt, und es entstehen dadurch Luftwellen, welche sich auch der weiteren Umgebung mittheilen. Es ist wahrscheinlich, dass beide Hypothesen auf dasselbe herauskommen, indem die erzeugte Wärme das Aequivalent der nach der ersten Hypothese stattfindenden Vibration der Molecüle ist.

Die Mikrophone, welche von Crossley, Ader und Anderen erfunden worden sind, bestehen in nichts Anderem als in verschiedenen Combinationen einer Anzahl solcher einfacher Hughes'scher Mikrophone.

Das Mikrophon von Crossley ist in Fig. 14 abgebildet. Wie ersichtlich, besteht dasselbe aus einem

hölzernen Kistchen, in welchem verschiedene Umschalter und Drahtspulen untergebracht sind. Auf letztere werden wir noch später zu sprechen kommen. Das Kistchen besitzt einen Deckel, welcher aus einer Platte von möglichst homogenem und feinfaserigem Tannenholz besteht. Derselbe dient als Resonanzboden, um die Schallschwin-

Fig. 14.

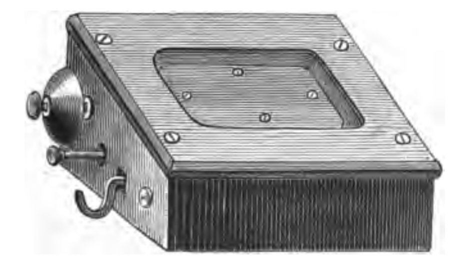
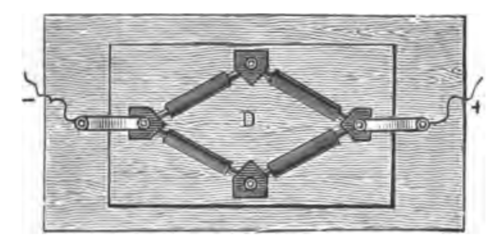


Fig. 15.

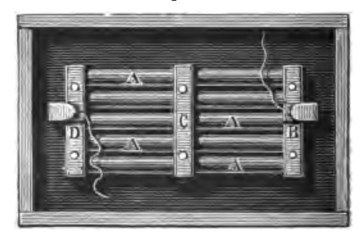


gungen der umgebenden Luft aufzunehmen. Fig. 15 zeigt diese Platte von der unteren Seite. Es sind auf derselben vier prismatische Kohlenstücke festgeschraubt. Die letzteren besitzen Vertiefungen, in welche, wie beim Mikrophon von Hughes, dünnere cylindrische, an ihren Enden verjüngte Kohlenstäbchen eingelegt sind. Die letzteren bilden die Figur eines Rhombus. Das eine der

prismatischen Stücke wird mit dem positiven Pole verbunden und das diagonal gegenüberliegende mit dem negativen. Der eintretende Strom findet zwei Wege und theilt sich daher in zwei Hälften. Jeder Weg wird durch zwei der cylindrischen Stäbchen gebildet, von denen jedes wiederum zwei Contactpunkte enthält, so dass jeder Theil des Stromes vier Contactstellen zu überwinden hat.

Ganz ähnlich ist das Mikrophon von Ader construirt. Es unterscheidet sich von demjenigen von Crossley wesentlich nur durch eine andere Gruppirung der Kohlenstäbchen. Das erstere Mikrophon ist in ausgedehnten Gebrauch in England, das letztere in Frankreich. Fig. 16 stellt die untere Ansicht der Resonanzplatte von Ader dar. Es sind drei prismatische Kohlenstäbchen *B*, *C*, *D*, auf der Membran in verticaler Richtung festgeschraubt. Zwischen dieselben werden nun je fünf Kohlenstäbchen *A* in horizontaler Richtung eingelegt. Der Strom, welcher bei einem der äusseren prismatischen Stäbe *B* und *D* eintritt, und bei dem anderen das Mikrophon verlässt, findet fünf verschiedene Wege, von denen jeder wiederum wie bei dem Mikrophon von Crossley aus 4 Contactstellen besteht. Es giebt deren im Ganzen 20, welche in 5 Reihen zu je 4 parallel geschaltet sind.

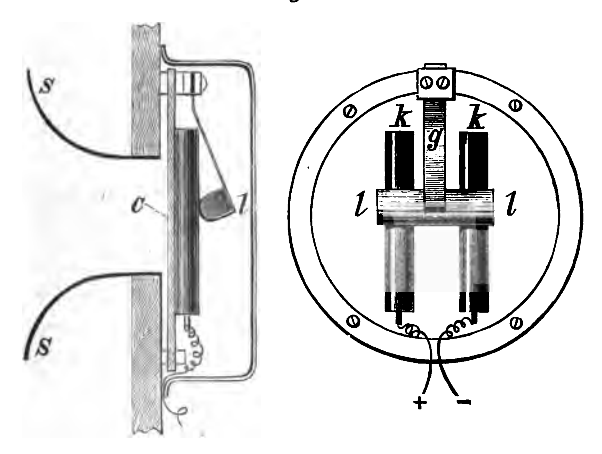
Fig. 16.



Eine andere einfache Combination rührt von Theiler her. Dieselbe ist in Fig. 17 dargestellt. Die Membran besteht aus einem dünnen Eisenbleche, welches auf eine

Korkscheibe *c* aufgeleimt ist. Die Scheibe wird in verticaler Richtung hinter einem Schalltrichter *S* befestigt. Auf die Korkscheibe sind in verticaler Richtung zwei Kohlencylinder *k* festgeleimt, horizontal legt sich ein dritter Kohlenstab *l* darüber, welcher an einem Gummiband *g* aufgehängt ist. Der Strom wird durch den einen verticalen Kohlenstab eingeführt, durchfliesst nacheinander

Fig. 17.



die beiden Contactstellen des horizontalen Cylinders und verlässt durch den zweiten verticalen Cylinder das Mikrophon. Die Empfindlichkeit lässt sich ein wenig reguliren, indem durch Verkürzen oder Verlängern des Gummibandes der Druck der Kohlenstücke aufeinander vergrössert oder verkleinert wird. Bei den Mikrophonen von Ader und Crossley ist jede Regulirung ausgeschlossen, indem der Druck ganz allein durch das Gewicht der Kohlenstäbchen hervorgebracht wird.

Es ist selbstverständlich, dass noch eine ganze Reihe anderer Combinationen von Kohlenstäbchen ersonnen werden können. Wir entheben uns, alle bis jetzt patentirten „Systeme" aufzuführen.

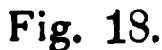
Da diese Mikrophone eine Mehrzahl von Contacten besitzen, so werden auch die Stromschwankungen verhältnissmässig stark ausfallen. Aber es lässt sich voraussehen, dass nicht alle Contactstellen bei einer Vibration sich ganz genau gleich bewegen werden. Ausserdem ist das ganze System der Platte mit den verschiedenen Kohlenstäbchen zu complicirt, um die feinen Bewegungen der Luft ganz genau wiedergeben zu können. Sie eignen sich daher nicht sehr gut zur Uebertragung der feinen Nuancen der Sprache, dagegen sind sie im Stande, grosse Tonmassen aufzunehmen, und geben besonders für Musikübertragungen gute Resultate.

Für die Uebermittelung der Sprache lassen sich bessere Resultate erwarten bei Benützung nur einer einzigen Contactstelle, welche sehr empfindlich regulirbar ist, und auf welche die Luftwellen durch einen Schallbecher concentrirt werden.

Es sind vorzüglich zwei eincontactige Mikrophone, welche allgemeine Verbreitung gefunden haben, nämlich das Mikrophon von Berliner und dasjenige von Blake.

Das Mikrophon von Berliner ist in Fig. 18 abgebildet. Das eine Kohlenstück *d* ist an der Membran befestigt. Diese besteht aus einem kreisrunden Eisenblech, welches hinter der Schalltrichteröffnung *e* festgeklemmt ist. Auf dem Kohlenstück *d* ruht ein zweites *b*, welches in einem Messingsring gefasst, wie ein Pendel an einem Charnier aufgehängt ist, und daher allgemein als Pendelelektrode bezeichnet wird. Das letztere Kohlenstück hat

die Form eines abgerundeten Konus und wird durch sein eigenes Gewicht leicht auf das erste Stück gepresst. Der Contact lässt sich daher auch nicht reguliren, da der Druck durch das Gewicht der Pendelelektrode ein- für allemal bestimmt ist. Ueber die Bedeutung der in der Figur gezeichneten Inductionsspule F werden wir später Aufschluss geben.


Fig. 18.

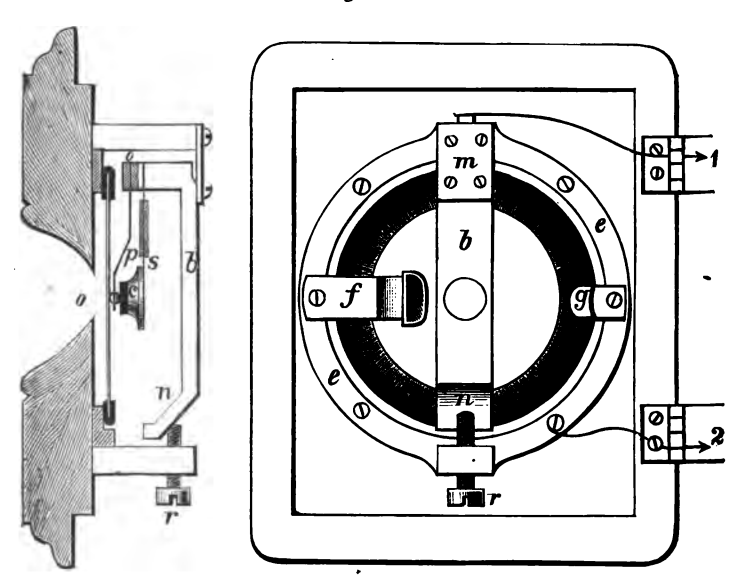


Für das Fernsprechen auf weite Distanzen hat Berliner ein Mikrophon construirt, welches drei Pendelelektroden besitzt; dieselben lehnen sich gegen drei entsprechende Kohlenköpfe, welche an der inneren Seite der aus einer dünnen Hartgummiplatte bestehenden Membran befestigt sind.

Empfindlicher ist das Mikrophon von Blake (Fig. 19). Bei diesem dient, wie bei dem Mikrophon von Berliner, eine kreisrunde Eisenmembran hinter dem Schalltrichter O zur Aufnahme der Luftwellen. Der Umfang derselben

wird durch einen Gummiring bedeckt, und die Membran selbst durch die Federn *f* und *g* in dem Eisenringe *e* festgehalten. Aber es ist keine Elektrode an ihr direct befestigt, sondern diese werden durch leichte Federn an dieselbe angepresst.

Fig. 19.



Die eine Elektrode besteht aus einem Kohlencylinder, welcher in einer Messingfassung *c* an der Stahlfeder *s* aufgehängt ist und durch letztere gegen die Membran gepresst wird. Die andere Elektrode wird durch ein Platinkügelchen gebildet, welches an einer leichten Neusilberfeder *p* befestigt ist, und zwar kommt dieser Platinpunkt zwischen die Membran und die Kohlenelektrode zu liegen.

Der Druck der letzteren gegen den Platinpunkt und die Membran kann auf folgende Weise regulirt werden: Die beiden Federn mit den Elektroden sind an einem Eisenbügel *b* befestigt, welcher seinerseits mit einer starken Messingfeder *m* an einem Vorsprung des eisernen Ringes festgeschraubt ist. Die Nase *n* des Eisenbügels stösst gegen die Metallschraube *r*. Durch Auf- oder Abwärtsschrauben derselben wird der Bügel und dadurch zu gleicher Zeit auch die beiden Federn mit ihren Contactpunkten mehr oder weniger gegen die Membran zugedrückt. Wenn die Schraube aufwärts gedreht wird, so presst die Kohlenelektrode stärker auf den Platinpunkt, wenn sie abwärts gedreht wird, weniger. Es kann so der Contact sehr genau regulirt werden, um die grösste Empfindlichkeit zu erhalten.

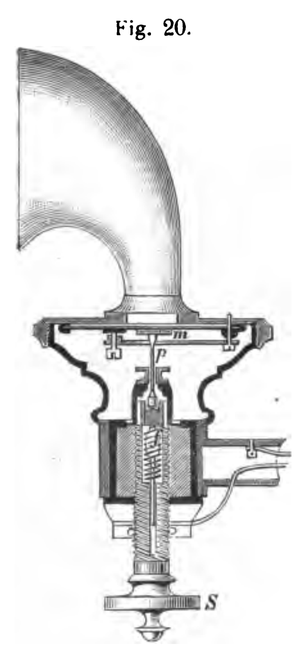
Wenn die einzelnen Theile sehr sorgfältig gearbeitet sind, so ist das Blake-Mikrophon dasjenige, welches die Sprache am deutlichsten und am lautesten überträgt. Es functionirt dann auch, ohne weitere Besorgung zu bedürfen und erfordert, wie jedes andere Mikrophon, höchstens die zeitweise Reinigung der Contactpunkte. Sind aber Kohle und Feder nicht von der richtigen Beschaffenheit, so wird es durch thermische und mechanische Einflüsse sehr leicht verstellt und muss häufig adjustirt werden.

Die Zahl der gegenwärtig verwendeten Blake-Mikrophone ist grösser als die aller übrigen Mikrophone zusammengenommen.

Auf einem ähnlichen Princip wie das Blake-Mikrophon beruht auch das Mikrophon von Ericson, welches sich namentlich durch eine sehr sorgfältige Fabrikation auszeichnet. Dasselbe ist in Schweden und Norwegen

sehr verbreitet. Der Contact wird ebenfalls durch Kohle und Platin gebildet. Aber die Regulirung ist eine ganz eigenartige. Die Membran, gegen welche gesprochen wird, liegt horizontal. Darüber wölbt sich der aus Messingblech gearbeitete Schallbecher (Fig. 20). Der Platinpunkt bildet das Ende einer Stahlnadel *p*, welche in verticaler Lage geführt durch die Feder *f* mehr oder weniger gegen die Kohlenplatte *m* gedrückt wird. Dieser Druck kann durch die Schraube *s* regulirt werden. Wird sie in die Höhe gedreht, so wird die Feder zusammengepresst und ihr Druck auf den Platincontact vergrössert; wird sie dagegen abwärts gedreht, so lässt der Druck nach.

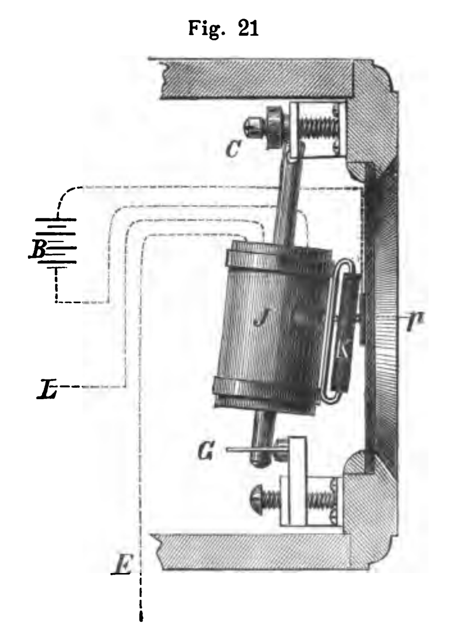
Fig. 20.



Sehr merkwürdig ist die Regulirung bei dem Clay-Mikrophon (Fig. 21). Die Inductionsspule *J* besitzt einen von einem Eisenstab gebildeten Kern. Derselbe ist nach beiden Seiten verlängert. Mit dem einen Ende ist er an einem Charnier *C* leicht beweglich aufgehängt. Das andere Ende gleitet mit ganz schwacher Reibung in einer eisernen Gabel *G* als Führung. An der Oberfläche der Inductionsspule ist ein Kohlenstück K befestigt, welches die eine Elektrode repräsentirt. Dasselbe drückt auf den an der Membran befestigten Platinpunkt *p*, welcher die zweite Elektrode des Contactes bildet. Das

Mikrophon functionirt wie ein Berliner-Mikrophon. Die Pendel-Elektrode wird durch die Inductionsspule mit dem Eisenstab ersetzt. Wenn nun ein starker Strom durch den primären Draht der Inductionsspule circulirt, so wird dadurch der Eisenstab ziemlich stark magnetisch, er wird daher entsprechend stark von der eisernen Gabel angezogen, seine Bewegung ist gehemmt und die Vibrationen des Contactes werden gedämpft. Ist dagegen der Strom nur schwach, so ist die Reibung zwischen Kern und Gabel entsprechend kleiner, und die Dämpfung weniger stark. So soll bei richtigen Abmessungen erreicht werden, dass sich das Mikrophon automatisch allen verschiedenen Stromstärken anpasse, und daher immer Stromwellen von ungefähr gleicher Intensität erzeuge.

Fig. 21



Neben den erwähnten giebt es noch eine grosse Menge anderer Contact-Mikrophone, welche aber mehr oder weniger auf denselben Principien beruhen.

Vergleicht man die eincontactigen und die mehrcontactigen Mikrophone mit einander, so unterscheiden

sich dieselben im Betriebe hauptsächlich dadurch von einander, dass die mehrcontactigen Mikrophone eine grössere Batterie brauchen als die eincontactigen. Bei den letzteren genügt gewöhnlich ein Element vollständig, um den besten Effect zu erhalten. Bei den ersteren sind immer mehrere, vier, sechs, ja selbst zwölf Elemente nöthig. Es geht so der Hauptvortheil der mehrcontactigen Mikrophone, keiner Regulirung zu bedürfen, verloren gegen den Nachtheil des Unterhaltes einer grösseren Batterie. Da zudem gute eincontactige Mikrophone in ihrer Wirkung den mehrcontactigen nicht wesentlich nachstehen, so werden sie im Allgemeinen vorzuziehen sein.

2. Das Mikrophon von Edison.

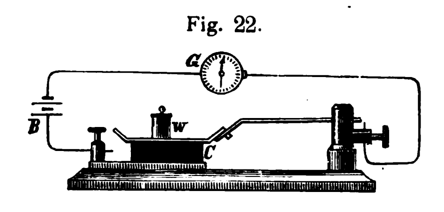
Edison benützt zur Herstellung seines Mikrophons die merkwürdige Eigenschaft der Kohle, dass sie ihre elektrische Leitungsfähigkeit mit dem Druck ändert. Fig. 22 zeigt den Apparat zur Untersuchung dieser Eigenschaft. Er besteht im Wesentlichen aus zwei Metallplatten, zwischen welche die zu untersuchende Kohle *C* in Form von feinem Pulver gelegt wird. An diese Metallplatten wird ein galvanischer Stromkreis, aus einer galvanischen Batterie *B* und einer Bussole *G* bestehend, angeschlossen. Wenn nun der Druck auf das Kohlenpulver mit Hilfe von aufgelegten Gewichten *W* verändert wird, so zeigt die Bussole auch entsprechend den geänderten Widerständen andere Ausschläge.

Mit wachsendem Drucke nimmt der Widerstand ab oder die Stromstärke zu, doch lange nicht so stark, wie der Contact zwischen zwei Kohlenstücken. Um daher dennoch eine entsprechende Wirkung zu haben, muss



man eine erhebliche Stromstärke anwenden. Das hat hier keine Bedenken, weil die Leitung nirgends unterbrochen wird und Funken nicht entstehen können. Immerhin muss dieser Umstand als ein Nachtheil bezeichnet werden, welcher bewirkt, dass diese Mikrophone nur ausnahmsweise für sehr lange Linien in Verwendung kommen. Als wirksamste Kohlensubstanz erzeigt sich der Lampenruss, welcher bei der unvollständigen Verbrennung von Terpentin entsteht.

Fig. 22.



Aus diesem ganz feinen Russe werden Scheiben etwa in der Grösse eines 50-Pfennigstückes gepresst, und zwischen zwei dünnen Kupferblechen in ein gusseisernes Gehäuse eingeschlossen, wie es Fig. 23 zeigt. Auf der einen Seite ist das Gehäuse von der eisernen Membran *D* abgeschlossen, gegen welche gesprochen wird. Diese pflanzt die Schallschwingungen durch den ihr anliegenden Platinknopf *A* auf das Kohlenpulver *C* fort, dessen Widerstand in Folge der Compression sich entsprechend ändert, und dem entsprechend die durchfliessende Stromstärke modificirt.

Fig. 23.

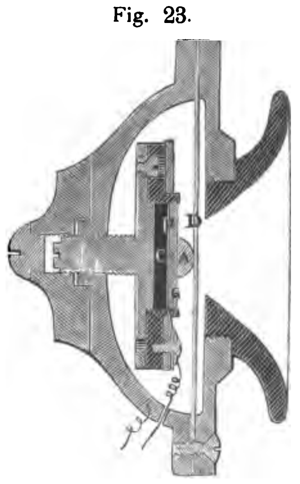


Fig. 24 zeigt den Duplex-Transmitter, welcher aus der Combination zweier einfacher Contactgehäuse

besteht, mit einer entsprechenden Schallöffnung, welche die Luftwellen möglichst gleichmässig auf beide Seiten vertheilen soll. Dieses Mikrophon giebt den besten Effect mit einer Batterie von zwölf Leclanché-Elementen, welche zu vier in drei Serien geschaltet sind. Es wird

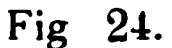


Fig 24.



in Amerika besonders auf langen Linien benützt und soll, richtig gehandhabt, alle übrigen Mikrophone an Lautstärke übertreffen.

3. Die Translation.

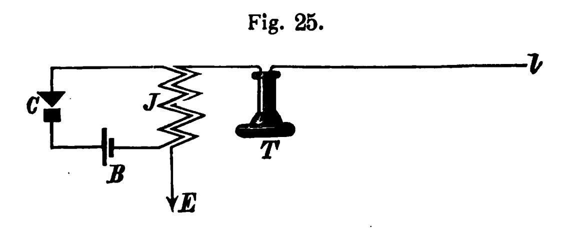
Die Schwankung des Widerstandes in einem Mikrophon beträgt während des Sprechens im Maximum einige Ohm. Wenn die Leitung kurz und der Widerstand klein ist, genügt dieser Widerstand, um in dem in die Leitung

eingeschalteten Telephon einen starken Effect zu erzeugen. Wie aber die Leitung an Länge zunimmt, so wird die Stromschwankung ein immer kleinerer Bruchtheil des ganzen Widerstandes, und es wird dann die Wirkung auf das Telephon im gleichen Verhältniss abnehmen. Man kann zwar durch Vergrösserung der Batterien etwas nachhelfen. Aber wenn die Leitungen, auf welchen mit einem Mikrophon gesprochen werden soll, sehr ungleich lang sind, so wird der Strom zu dem einen Apparat sehr stark, zu einem entfernteren dagegen sehr schwach anlangen. Immerhin ist es möglich, auf diese Weise kleinere Telephoneinrichtungen mit kurzen Linien zu betreiben. Die Mikrophone müssen einen möglichst grossen Widerstand haben (Hunning-, Mildé-, Hipp-Transmitter) und bestehen aus einem grobkörnigen Kohlenpulver, welches, ähnlich wie beim Mikrophon von Edison, durch das Diaphragma mehr oder weniger stark gepresst wird. Wenn mehrere Leitungen von einem Punkte ausgehen, so kann die Batterie für alle im Mittelpunkt, der Centralstation, aufgestellt werden. Die verschiedenen Längen der Linien werden durch Hilfswiderstände abgeglichen. Das Telephonnetz in Brescia mit gegen 100 Stationen ist auf diese Weise mit Apparaten von Hipp eingerichtet.

Es erzeigt sich von grossem Vortheile, das Mikrophon in Verbindung mit einer Inductionsspule zu verwenden. Der Batteriestrom wird nicht direct in die Leitung geführt, sondern die Verbindung zwischen Mikrophon und Linie wird durch eine Translation hergestellt (Fig. 25). Der primäre Draht der Inductionsspule J wird mit dem Mikrophon C und der Batterie B verbunden, der dünne secundäre Draht derselben ist mit dem Tele-

phon in die Linie *l* eingeschaltet. Wenn nun der aus dem Mikrophon *C* kommende undulatorische Strom den Eisenkern der Inductionsspule umfliesst, so wird derselbe entsprechend magnetisirt, und diese magnetischen Schwankungen induciren ihrerseits in dem dünnen Draht der Inductionsspule undulatorische Ströme, welche genau den vom Mikrophon erzeugten Wellen entsprechen. Es wird allerdings der primäre Draht auch direct auf den secundären inducirend einwirken, doch ist diese Wirkung sehr schwach, wie das Experiment zeigt, wenn man den Eisen-

Fig. 25.



kern entfernt. Der letztere muss übrigens aus möglichst gut ausgeglühten Eisendrähten bestehen, um den schädlichen remanenten Magnetismus zu vermeiden. Um die Wirkung des Eisenkernes möglichst zu steigern, macht man denselben dick und die Spule lang. Die gewöhnlichen Dimensionen solcher Spulen sind die folgenden:

Länge der Spule	80 bis 150	Millimeter
Durchmesser des Eisenkernes .	13 „ 15	„
Länge des primären Drahtes circa	5	Meter
Widerstand	0·15	Ohm
Länge des secundären Drahtes circa	150	Meter
Widerstand	150 bis 200	Ohm.

Die Ströme, welche in der Inductionsspule entstehen, unterscheiden sich nach zwei Richtungen hin von denjenigen des Mikrophons.

In erster Linie behält der Strom, welchen das Mikrophon liefert, stets dieselbe Richtung bei, er zeigt blos mehr oder weniger stark wechselnde Schwankungen seiner Intensität. Das Diagramm eines solchen Stromes wird durch die Fig. 26 *a* charakterisirt. Der Strom der Inductionsspule dagegen wechselt nicht nur seine Intensität, sondern auch beständig seine Richtung. Jede Welle besteht aus zwei Theilen, einem positiven und einem negativen Stromabschnitt. Der positive Strom entspricht dem Anwachsen, und der negative dem Abnehmen des Mikrophonstromes. Die inducirten Ströme zeigen daher ebenso wie die Telephonströme eine Verschiebung ihrer Phasen um eine halbe Periode. Das Diagramm eines solchen Stromes zeigt Fig. 26 *b*.

Fig. 26 *a* und *b*.

Wenn wir die Elektricität, welche während einer gewissen Zeit beim Telephoniren durch die Leitung strömt, in einem Condensator auffangen würden, so würde diese Menge den Werth Null haben, da die positiven und negativen Wellen einander fortwährend compensiren. Ganz anders verhält es sich aber bei dem Mikrophonstrom. Da derselbe beständig in derselben Richtung fliesst, so wird die Ladung des Condensators mit der Zeit stetig anwachsen, bis seine Capacität erschöpft ist.

Namentlich für den Empfänger sind die Wechselströme viel vortheilhafter, da die Empfindlichkeit der

Telephonmembran durch einen continuirlichen Strom je nach dessen Intensität verändert wird.

Ein weiterer Unterschied liegt in der Qualität des Stromes. Der Inductionsstrom hat eine hohe Spannung, dagegen nur eine kleine Intensität, während umgekehrt die Mikrophonströme kleine Spannung, aber verhältnissmässig grosse Intensität haben. Die letzteren werden in Folge dessen schon durch kleine Linienwiderstände erheblich geschwächt, während die Inductionsströme für Widerstände von mehreren hundert Ohm fast gar nicht empfindlich sind. Sie erzeigen sich daher unvergleichlich besser geeignet, lange Linien zu überwinden, und es kann durch eine passende Wicklung der Spule diese fast jeder beliebigen Linienlänge angepasst werden.

Ein grosser Vortheil bei der Verwendung der Inductionsspule liegt in der Thatsache, dass damit die Güte der telephonischen Uebertragung verbessert werden kann. Wie wir oben auseinandergesetzt haben, werden bei Benützung des Telephons als Sender immer die hohen Töne gegenüber den tiefen begünstigt. Umgekehrt werden, wenn das Mikrophon direct in die Linie eingeschaltet wird, die tiefen Töne relativ stärker wiedergegeben. Es ist nun sehr merkwürdig, dass bei Verwendung der Inductionsspule dieser Uebelstand vermieden werden kann.

Dieses durch die Erfahrung bestätigte Resultat kann aus den Formeln, welche das Inductionsgesetz von Neumann für den vorliegenden Fall liefert, leicht abgeleitet werden. Bezeichnet man nämlich den Stromkreis des Mikrophons mit dem Index 1, den Telephonstromkreis mit dem Index 2, die Widerstände dieser Leitungen mit W_1 und W_2, das Potential jeder derselben auf sich selbst mit Einschluss der auf sie wirkenden Eisenmassen

mit Q_1 und Q_2, ferner das gegenseitige Potential der Leitung 1 auf die Leitung 2 mit R, dann ist die circulirende Stromwelle im Telephonstromkreise, welche durch eine Sinuswelle $A \sin 2\pi nt$ des Mikrophonstromkreises inducirt wird, durch die Gleichungen bestimmt

$$J = \frac{A R J_0}{M} \cos (2\pi nt + \varrho)$$

wo

$$M^2 = \left[-2\pi n (Q_1 Q_2 - R^2) + \frac{W_1 W_2}{2\pi n} \right]^2 + (W_1 Q_2 + W_2 Q_1)^2$$

und

$$tn\, \varrho = \frac{-2\pi n (Q_1 Q_2 - R^2) + \frac{W_1 W_2}{2\pi n}}{W_1 Q_2 + W_2 Q_1}$$

Die Grösse der Amplitude wie die Phase ϱ erscheinen als eine Function der Schwingungszahl n. Die verschiedenen einfachen Töne, welche einen bestimmten Klang zusammensetzen, werden daher nicht auf die gleiche Art verändert; dadurch wird aber die Uebertragung verschlechtert. Man würde diesen Nachtheil vermeiden, wenn man machen könnte, dass die Grösse

$$y = -2\pi n [Q_1 Q_2 - R^2] + \frac{W_1 W_2}{2\pi n}$$

welche die Schwingungszahl n in obige Gleichungen hineinbringt, verschwindet. Da aber die Schwingungszahl nicht constant ist, sondern bei der menschlichen Stimme etwa zwischen 50 und 1000 variiren kann, so ist es unmöglich, diese Bedingung genau zu erfüllen. Aber man kann doch dafür sorgen, dass jene Grösse immer klein bleibt. Es ist dabei namentlich wichtig, dass die Grösse $Q_1 Q_2 - R^2$ möglichst klein wird. Dann wird auch für erhebliche Variationen der Schwingungszahl der Ausdruck doch nahe denselben Werth beibehalten und es wird daher

die Uebertragung durch die Schwingungszahl nicht wesentlich beeinflusst. Um dieser Forderung zu genügen, dürfen ausser der Inductionsspule des Mikrophons keine anderen Spulen mit Eisenmassen, wie Elektromagnete von Glocken oder Signaleinrichtungen, welche das Selbstpotential vergrössern würden, in die Leitung eingeschaltet sein. Wir werden uns später bei der Beschreibung der Telephonstationen und der Umschaltapparate der Centralstationen dieser Forderung erinnern.

Bei einer näheren Betrachtung des Werthes y findet man, dass bei positiven Werthen derselben die tiefen Töne verstärkt wiedergegeben werden, bei negativen Werthen dagegen die hohen. Dieser Umstand macht sich namentlich auch beim Telephoniren durch Kabel geltend, wo das Potential der Leitung auf sich selbst einen sehr hohen Werth hat und daher die tiefen Töne relativ zu stark hervortreten. Die Herleitung der obigen Formeln habe ich in Wiedemann's Annalen 1882, Seite 596, veröffentlicht.

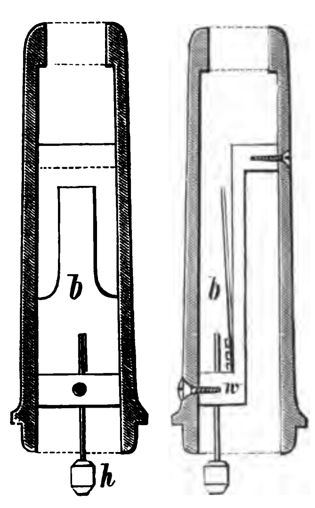
c) Der Aufruf.

Zu einer vollständigen Telephoneinrichtung gehört eine Alarmvorrichtung zum Aufrufen der Centralstation oder der zweiten Sprechstelle.

Für kurze Linien kann man in Verbindung mit dem Telephon von Siemens dessen Ruftrompete verwenden. Sie besteht aus einem konischen Hartgummirohr (Fig. 27), welches auf die Oeffnung des Telephons aufgesetzt wird. Im Inneren ist der Messingwinkel *w* angeschraubt, auf welchen eine breite Zungenfeder *b* befestigt ist. Diese steht nach oben etwas vor und bedeckt ein viereckiges Loch, welches aus dem Messingwinkel ausgeschnitten ist. Wird in das Rohr hineingeblasen, so

geräth die Zunge in Bewegung und erzeugt einen schrillen Ton, welcher sich der darunter liegenden Telephonmembran mittheilt. Zur Verstärkung der Vibrationen der letzteren dient ein Klöppel *h*, welcher in dem unteren Theile des Winkels in einer Durchbohrung spielt und auf der Membran aufliegt. Durch die Luftstösse wird derselbe ebenfalls in Schwingung versetzt und verstärkt durch sein Auf- und Niederstossen die Bewegung der Membran.

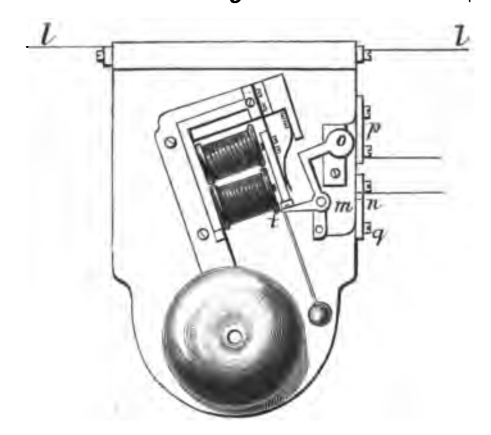
Fig. 27.



Wenn der Aufruf auf grössere Strecken oder in nicht ganz ruhigen Localitäten hörbar sein soll, so müssen gewöhnliche Klingeln zum Aufruf verwendet werden. Diese kann man in Batteriewecker und Wechselstromwecker eintheilen. Die ersteren werden durch eine galvanische Batterie betrieben und haben die allbekannte Form, wie sie für die sogenannten Haustelegraphen benützt werden. Für besondere Zwecke erhalten sie specielle Constructionen. Fig. 28 stellt eine Glocke dar, die bei den Fernsprechstellen der deutschen Reichspostverwaltung verwendet wird und welche mit einer Fallscheibe versehen ist. Dieselbe hat zum Zweck, einen zweiten Wecker, welcher in einem anderen Theile des Hauses aufgestellt ist, in Function zu setzen, sobald die Klingel von einem Strom durchflossen wird. Am

Anker des Weckers sitzt ein isolirter Hemmstift *t*, gegen welchen ein um die Axe *m* drehbarer Winkelhebel mit einer kleinen Nase anliegt. Am anderen Ende des Winkelhebels befindet sich die Fallscheibe *o*. Sobald nun ein Strom die Elektromagnete der Glocke umfliesst, wird der Anker angezogen. Dabei gleitet die Nase über den Hemmstift *t* und der Hebel wird durch das Gewicht der Fallscheibe abwärts gezogen. In der neuen Stellung liegt

Fig. 28.



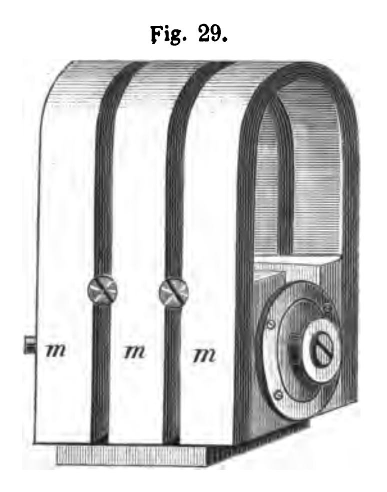
der Winkelhebel auf dem Contactstück *n* auf und verbindet dadurch die beiden Klemmschrauben *p* und *q*, zwischen welchen der zweite Wecker mit seiner Batterie eingeschaltet ist. Natürlich wird nun derselbe so lange fortklingeln, bis die sichtbar aus dem Glockengehäuse hervorragende Fallscheibe wieder in ihre alte Stellung zurückgebracht wird.

Zuweilen findet man es vortheilhafter, den Batteriestrom nicht direct in die Linie zu senden, sondern den-

selben in einer Inductionsspule mit Unterbrecher in Wechselströme zu verwandeln. Wenn eine Linie mit grossem Widerstande zu überwinden ist, so kann unter Umständen diese Methode vortheilhaft sein. Natürlich ist die Transformation stets mit einem Energieverlust verbunden. Auch müssen die Empfangsapparate speciell eingerichtet sein.

Für den Betrieb von grösseren Fernsprechanlagen sind Wechselstromwecker, welche mit Inductionsströmen betrieben werden, beiweitem den Batterieweckern vorzuziehen. Um aber die Verwendung einer Batterie ganz zu umgehen benützt man zur Erzeugung der Inductionsströme statt einer Inductionsspule und einem Unterbrecher, eine kleine magnetoelektrische Maschine. Fig. 29 zeigt die wesentlichen Bestandtheile einer solchen Maschine. Sie besteht aus einem Magnetmagazin, welches von drei starken Hufeisenmagneten *m* mit entsprechenden Polschuhen aus weichem Eisen gebildet wird. Die letzteren bilden eine cylindrisch ausgedrehte Höhlung, in welche die Armatur möglichst genau einpasst.

Fig. 29.



Die Armatur (Fig. 30) besteht aus einem Siemens'schen Anker, welcher mit einer Wickelung von ganz dünnem mit Seide umsponnenen Kupferdraht versehen ist. Das eine Ende des Drahtes ist mit dem isolirten Stift *t* ver-

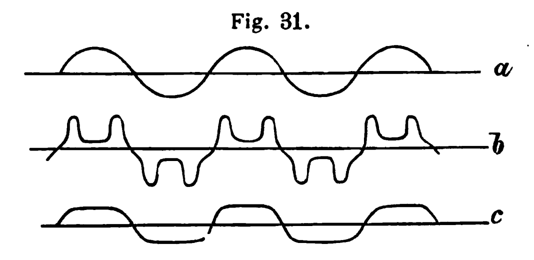
bunden, welcher mit dem aus der Axe heraustretenden ebenfalls isolirten Stift *s* in leitender Verbindung steht. Das andere Ende des Drahtes ist mit der Armatur direct verlöthet. Diese Armatur ruht in einem passenden Axenlager und kann durch den Trieb *r* in Rotation versetzt werden. Der Strom wird dann einerseits durch einen mit dem Axenlager verbundenen Draht, andererseits durch eine Feder, welche auf den Stift *s* presst, abgeleitet. Für die Wirkungsweise des Apparates kommt es viel auf die Form des Ankers an. Wenn es möglich wäre, die Eisenmassen so zu vertheilen, dass bei der Rotation beständig ein homogenes magnetisches

Fig. 30.

Feld vorhanden wäre, dann würde in der Wicklung des Ankers ein Strom entstehen, welcher die Form der in Fig. 31a dargestellten Sinuslinie haben würde. Bei dem Passiren der Ankerschuhe vor den Polen der Magnete würde die neutrale Stelle sein, an welcher die Stromstärke von ihren positiven Werthen durch Null in die negativen Werthe übergeht. In der dazu senkrechten Lage, wenn die Windungsebenen der Drahtwicklung parallel zu den Kraftlinien liegen, würde das Maximum der Stromstärke inducirt. In der Praxis ist es unmöglich, ein solches homogenes magnetisches Feld zu erzeugen. Im Gegentheil wird die Intensität der einzelnen Theile desselben ganz wesentlich durch die Lage des Ankers modificirt,

so dass es fast bei jeder Lage des letzteren ein anderes Bild gewährt. Es ist nun sehr wichtig, was für Dimensionen der Anker in Bezug auf die Polschuhe der Magnete hat. Sind die Lappen desselben etwas klein, so dass sie den Zwischenraum zwischen den Polschuhen nicht ausfüllen, so wird der Magnetismus des Ankers ruckweise geändert. Von der neutralen horizontalen Stellung ausgehend, wird bei der Rotation der eine Lappen erst seinen Nordmagnetismus verlieren, dann in der verticalen Stellung einen Moment unmagnetisch bleiben, hierauf südmagnetisch werden, die andere neutrale

Fig. 31.



Lage passiren, den Südmagnetismus plötzlich verlieren, wieder einen Moment unmagnetisch bleiben, hierauf in die Ausgangslage zurückgekehrt wieder nordmagnetisch werden. Der Magnetismus eines jeden Lappens verändert sich also bei jeder Rotation viermal ruckweise, und da der inducirte Strom proportional der Aenderung des Magnetismus ist, so erhält auch die Stromcurve vier scharf von einander getrennte Impulse, welche durch fast stromlose Intervalle getrennt sind, wie dies die Stromcurve *b* Fig. 31 zeigt.

Das Gegenstück hiervon bildet ein Anker, dessen Lappen so breit sind, dass sie in der verticalen Lage

von dem einen Polschuhe zu den anderen übergreifen. Es kann dann nie geschehen, dass ein Lappen den Magnetismus vollständig verliert, sondern in der Grenzlage wird die eine Hälfte desselben nordmagnetisch, die andere Hälfte südmagnetisch sein. Der Magnetismus ändert sich stetig und langsam. In Folge dessen zeigt auch die Stromcurve Fig. 31 *c* nicht die kräftigen Impulse wie vorhin, sondern nur eine schwache Intensität, welche aber über die ganze Rotation vertheilt ist. Beide Fälle sind zum Betrieb eines Läutwerkes gleich wenig geeignet. Hier kommt es darauf an, eine möglichst grosse Menge von Elektricität zu erzeugen. Plötzliche kräftige Stromimpulse, welche nur einen kurzen Moment andauern, nützen ebensowenig wie schwache Stromimpulse, welche aber lange andauern. Eine möglichst grosse Annäherung an die Sinusform Fig. 31 *a* giebt die günstigsten Resultate. Man muss durch das Experiment die richtige Form des Ankers und die geeignetste Qualität des Eisens, welches auf die Stromcurve ebenfalls einen grossen Einfluss ausübt, bestimmen. Sehr starke Magnete und sehr weiches Eisen für den Anker sind die Haupterfordernisse. Was die Dimensionen des Ankers betrifft, so muss derselbe möglichst genau in den von den Polschuhen gebildeten Raum hineinpassen und in der verticalen Lage den Zwischenraum zwischen denselben knapp ausfüllen.

Da der Inductor Wechselströme liefert, so muss die von ihm betriebene Glocke einen polarisirten Anker besitzen. Vortheilhaft werden beide Stromimpulse, sowohl der positive als der negative, zum Glockenschlag benützt. Fig. 32 zeigt eine solche Glocke. Sie besteht aus zwei Elektromagneten *e*, dem Anker *a* und dem polarisirenden

Magneten *m*. Der am Anker befestigte Hammer *h* kann beiderseitig an die Glockenschalen *g* anschlagen. Die Empfindlichkeit der Glocke wird bedeutend erhöht, wenn der polarisirende Magnet den Polschuh der Elektromagnete nicht direct berührt, sondern demselben in einem Abstande von circa 5 Millimeter gegenübergestellt ist. Namentlich lässt sich bei dieser Einrichtung die Regulirung des Ankers

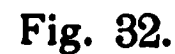
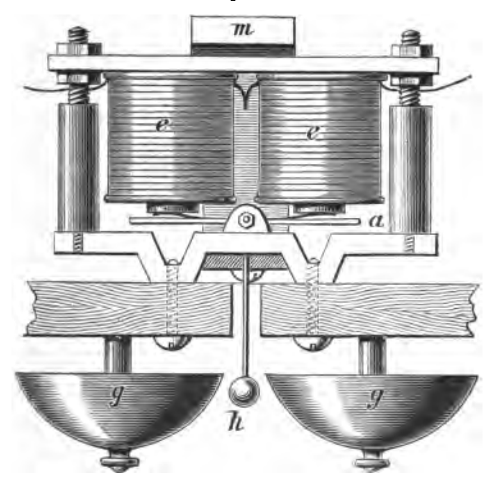


Fig. 32.



sehr genau ausführen. Die Wechselstromglocken, welche in den Telephonnetzen gewöhnlich verwendet werden, haben einen Widerstand von 150 bis 200 Ohm und erfordern zum Betrieb eine Stromintensität von wenigstens 3 Milli-Ampère.

Man könnte durch einen Commutator die vom Inductor gelieferten Wechselströme gleichgerichtet machen und dann gewöhnliche Batteriewecker verwenden. Ein Commutator complicirt aber die Einrichtung und ver-

mehrt namentlich die Anzahl der Contactfedern, welche immer einen schwachen Punkt bei so häufig gebrauchten Apparaten bilden. Man erreicht denselben Zweck auf eine einfachere Weise. Man setzt auf den Ankerstift, siehe Figur 30, welcher mit dem einen Ende der Ankerwindungen verbunden ist, einen Ring aus Messing auf. Die eine Hälfte dieses Ringes ist mit einem Ebonitstück bedeckt. Auf diesem Ring schleift die Feder, welche den Strom aus dem Inductor abführt. Wenn der Ring richtig orientirt ist, wird die Feder nur die positiven oder nur die negativen Stromimpulse abführen. Während der Zeit, wo die anders gerichteten Stromimpulse inducirt würden, sind die Drahtwindungen durch das Ebonitstück isolirt.

In anderen Fällen, welche uns später ebenfalls noch beschäftigen werden, kommt es darauf an, möglichst kurze, aber stark wechselnde Stromimpulse zu haben. Zu diesem Zwecke werden in dem oben erwähnten Ringe zwei Ebonitstreifen in diametraler Stellung eingelegt und dieselben so adjustirt, dass der Messingring nur in denjenigen Momenten mit der Feder in Verbindung steht, in welchen das Maximum der Stromintensität erzeugt wird.

Es fragt sich, was vortheilhafter für den Betrieb einer Fernsprechanlage ist: B a t t e r i e oder I n d u c t o r? Die Erfahrung hat sich ganz entschieden zu Gunsten des Inductors ausgesprochen. Die Verwendung des letzteren hat zwei grosse Vortheile: sie beseitigt oder reducirt wenigstens die Verwendung der Batterien auf eine ganz minime Zahl. Das ist ein sehr schwerwiegender Umstand, denn in einem grösseren Telephonnetz erfordert es mehrere Tausende von Elementen, welche, auf viele hundert verschiedene Orte zerstreut, unter allen mög-



lichen Umständen alle gut functioniren sollen. Die Batterien erfordern eine sehr sorgfältige beständige Ueberwachung, während der Inductor sozusagen gar keinen Unterhalt erfordert, höchstens etwa alle zwei bis drei Jahre einmal gereinigt und neu geölt werden muss. Neben der ungeheuren Vereinfachung des Betriebes ist der Inductor auch noch viel leistungsfähiger als die Batterie. Der Widerstand seiner Windungen beträgt circa 1000 Ohm. Er läutet mit Leichtigkeit durch Widerstände von 10- bis 15.000 Ohm. Der Widerstand von 10.000 Ohm entspricht einem Eisendraht von 3 Millimeter Durchmesser und 800 Kilometer Länge, oder einem Kupferdraht von 2 Millimeter Durchmesser und 3000 Kilometer Länge. Natürlich geht ein Theil des Stromes in Folge mangelhafter Isolation auf der Leitung verloren. Immerhin erstreckt sich aber das Wirkungsgebiet eines Läute-Inductors auf mehrere hundert Kilometer. Um denselben Zweck mit galvanischen Elementen zu erreichen, müsste man jeder angeschlossenen Station eine Batterie von 60 oder noch mehr Elementen geben, da eine gewöhnliche Gleichstromglocke mit eingem Strom von circa 8 Milli-Ampère noch läutet.

Ein geregelter sicherer Betrieb grosser Telephonnetze ist nur dann denkbar, wenn jede Station in jeder Verbindung ein kräftiges Schlusszeichen geben kann. Es kann aber leicht vorkommen, dass schon bei der gegenwärtigen Ausdehnung des Telephonwesens Sprechlinien in Längen von 100 Kilometer und mehr miteinander zu verbinden sind. Es ist dann die Leistungsfähigkeit der Inductoren eben ausreichend; es ist aber natürlich nicht thunlich, einer jeden Sprechstelle eine äquivalente Zahl von Elementen zuzutheilen, und es ist daher un-

möglich, mit derselben einen rationellen Betrieb auf längere Linien durchzuführen.

Man macht zuweilen geltend, dass die Batterie gestatte, nach Belieben positive oder negative Ströme zu senden, was für den Betrieb gewisser Umschaltapparate mit polarisirten Ankern nothwendig sei. Hierauf ist zu bemerken, dass solche Apparate gegenwärtig noch sehr selten gebraucht werden, dass aber der Inductor ebenfalls, wie wir oben gezeigt haben, gleichgerichtete Ströme liefern kann, die zum Betrieb von Apparaten mit polarisirten Ankern sehr wohl brauchbar sind.

Fig. 33.

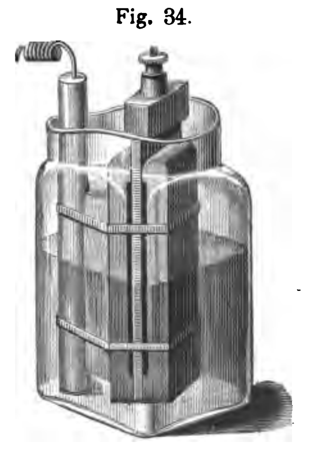


Die Verwendung von Batterieweckern rechtfertigt sich allenfalls in kleineren Netzen, wo mehrcontactige Mikrophone verwendet werden und die Mikrophonbatterie gleichzeitig für den Wecker ausreicht. Für weniger weit gehende Forderungen kann dem Inductor übrigens eine einfachere Form gegeben werden. Eine solche wurde von Abdank-Abakanowicz erfunden. Der Inductor besteht aus einer Spule *d* mit Inductionsdraht, welche zwischen den Polen eines starken Magnetes an einer Feder *b* befestigt ist (Fig. 33). Wird die Spule an dem Griffe *e* aus ihrer Gleichgewichtslage herausgezogen, so schnellt beim Loslassen die Feder zurück, oscillirt mehreremal um ihre Ruhelage, wobei die Drahtspule zwischen den Magnetpolen hin und her schwingt, und wobei in derselben Inductionsströme entstehen, welche in eine leicht construirte polarisirte Glocke geleitet werden können. Die in *a* befestigte Spiralfeder soll die Wirkung der Stahtfeder *b* verstärken.

d) Die Batterie.

Die Telephonstationen können Batterien zu doppeltem Zwecke brauchen: entweder für die Mikrophone, oder zum Aufruf. In beiden Fällen wird die Batterie verhältnissmässig wenig in Anspruch genommen, während eines Tages vielleicht 20 bis 30 Minuten. Dagegen soll sie sicher wirken, bei Benutzung mit dem Mikrophon einen möglichst kleinen Widerstand haben, dagegen eine sehr hohe elektromotorische Kraft besitzen. Gegen Temperatur- und andere äussere Einflüsse muss sie möglichst unempfindlich sein, und in der Behandlung so einfach wie möglich. Als dasjenige Element, welches diese Eigenschaften am vorzüglichsten vereinigt, wird gegenwärtig das Leclanché-Element gehalten, und es wird dasselbe fast ausschliesslich in der Telephonie benützt.

Fig. 34.



Die gewöhnliche Form dieses Elementes ist folgendermassen zusammengesetzt (vergl. Fig. 34):

Das Glas bildet ein viereckiges Prisma von 150 Centimeter Höhe und 850 Gramm Wasserinhalt. Der obere Rand desselben ist mit Talg bestrichen, um das Uebersickern der Flüssigkeit zu verhindern. Die viereckige Form ist gewählt, um einen gegebenen Platz möglichst auszunützen. Die eine Elektrode wird von einer Kohlenplatte gebildet, welche aus gut leitender Retortenkohle herzu-

stellen ist. Um eine sichere und bequeme elektrische Verbindung mit derselben zu ermöglichen, ist an das eine Ende ein Bleiknopf angegossen. Um das Aufsteigen der Flüssigkeit zu verhindern, ist das obere Ende der Kohle mit dem Bleiknopf in einer Mischung von kochendem Paraffin und Wachs getränkt, welche die Poren ausfüllen soll. Die aufsteigende Flüssigkeit würde das Blei angreifen und die sichere Verbindung gefährden.

Zum Schutz gegen aussen ist der ganze Bleiknopf mit einem Guss von Harz und Theer überzogen.

Die zweite Elektrode wird von einem Zinkstab gebildet. Hierzu ist möglichst reiner gezogener Zinkdraht von 10 Millimeter Durchmesser auszuwählen und der Stab vor seiner Benutzung gut zu amalgamiren. Als Flüssigkeit wird eine Lösung von 350 Gramm chemisch reinen Wassers mit 100 Gramm Salmiak verwendet. Der Salmiak muss rein sein und darf namentlich keine Bleisalze enthalten, welche bei der Fabrikation als Verunreinigungen häufig auftreten. Um bei der Thätigkeit des Elementes eine Polarisation der Kohlenplatten durch den an denselben sich ausscheidenden Wasserstoff zu vermeiden, ist dieselbe von zwei sogenannten agglommerirten Platten umgeben. Diese bestehen aus einem Gemisch von 40 Procent Pyrolusit, 50 Procent grobkörniger Retortenkohle, 4 Procent doppeltschwefelsaurem Kali und 4 Procent Gummilackharz. Dieses Gemisch wird bei 100 Grad C. geschmolzen und mit einem Drucke von 300 Atmosphären in die Plattenform gepresst. Die wichtigste Substanz ist der Pyrolusit; derselbe besteht aus Mangandioxyd, einer sehr sauerstoffreichen Verbindung, welche die Eigenschaft hat, sich unter Abgabe eines Theiles des Sauerstoffes leicht zu $Mn_2\ O_3$ zu reduciren.

Die ursprünglichen chemischen Bestandtheile des Elementes sind Kohle, Braunstein, Salmiak, Wasser und Zink. Wenn das Element in Thätigkeit ist, so wird Zink aufgelöst und Salmiaksalz zersetzt; es bilden sich Zinksalze und freier Wasserstoff; der letztere überzieht die Kohlenelektrode und polarisirt dieselbe. Der Wasserstoff soll sich aber nun mit dem Sauerstoff des Braunsteines zu Wasser vereinigen und so die Polarisation verhindern. Dadurch wird der Braunstein zu $Mn_2\ O_3$ reducirt, welcher Körper wieder Sauerstoff aus der umgebenden Luft an sich zieht und zu $Mn\ O_2$ reoxydirt wird. Durch diese beständige Regeneration des Braunsteines durch den Sauerstoff der Luft soll eine Polarisatian des Elementes dauernd verhindert werden können.

Ausser seiner Unpolarisirbarkeit sind weitere Vortheile dieses Elementes seine Einfachheit und Billigkeit. Es erfordert keine Säuren, verbreitet im normalen Gange keinen Geruch, bleibt, so lange es nicht geschlossen wird, unverändert, hat den kleinen Widerstand von nur 0·7 Ohm und die relativ hohe elektromotorische Kraft von 1·45 Volt. Richtig zusammengesetzt kann es ein bis zwei Jahre in Function bleiben, ohne eine andere Besorgung zu bedürfen, als von Zeit zu Zeit das Ersetzen des verdunsteten Wassers. Der schwächste Punkt ist der Bleiknopf an der Kohlenplatte. Wenn derselbe nicht sehr sorgfältig befestigt wird, so kann von Anfang an eine Schicht Schmutz oder Gas zwischen Kohle und Blei sich eindrängen und einen schlechten Contact verursachen, welcher das Element unbrauchbar macht. Ist die Kohle nicht genügend gefettet, so steigt die Flüssigkeit empor und zerstört den Contact ebenfalls. Man hat daher statt des Bleiknopfes verschiedene andere Contactvorrichtungen, z. B. Messingklemmen, in Vorschlag gebracht.

Ein anderer Fehler entsteht, wenn der Zinkstab sich mit den während dem Functioniren des Elementes ausgeschiedenen unlöslichen Salzkrystallen überzieht. Diese Krystalle sind schlechte Leiter der Elektricität und vergrössern den Widerstand des Elementes. Man glaubt diesem Fehler vorbeugen zu können, indem man eine möglichst gesättigte Lösung von Salmiak verwendet, da viele Zinksalze in der gesättigten Flüssigkeit löslich sind, in der ungesättigten aber nicht. Auch das Amalgiren der Zinkstäbe soll das Ansetzen der Krystalle erschweren. Das Amalgiren soll ausserdem nach Versuchen von Reynier die localen Processe verhindern, welche bei geöffnetem Element eine langsame Auflösung des Zinkes herbeiführen.

Sofern es sich nur um Benützung des Elementes während einer relativ kurzen Zeit, welche nach Minuten zählt, handelt, kann es sich in der Zwischenzeit regeneriren; der desoxydirte Pyrolusit ersetzt den abgegebenen Sauerstoff wieder aus der Luft. Wenn das Element aber längere Zeit kräftig wirken soll, so sinkt die elektromotorische Kraft ziemlich rasch auf die Hälfte ihres ursprünglichen Werthes. Dies hat zur Ansicht geführt, dass der Pyrolusit nicht die chemische Wirkung habe, welche man demselben zuschreibe, sondern dass er einfach durch Vergrösserung der Oberfläche der positiven Elektrode die Polarisation verkleinere. Hiefür scheint auch zu sprechen, dass die grobkörnige Kohle viel wirksamer ist als die feinkörnige. Um denselben Zweck zu erreichen, setzt man die Kohlenelektrode auch aus einer Reihe von hohlen Röhren zusammen (Fig. 35). In dem Element von Lessing sind Kohle und Braunstein zu einem Cylinder von grosser Oberfläche zusammengepresst.

Wenn es sich darum handelt, eine Batterie beständig oder sehr lange Zeit geschlossen zu halten, so genügt das Leclanché-Element nicht mehr, da die Depolarisation nicht rasch genug vor sich geht. In diesem Falle verwendet man das Element von Callaud. Dasselbe, in Fig. 36 abgebildet, besteht aus zwei Metallen in zwei verschiedenen Flüssigkeiten, nämlich aus Zink in Zinkvitriol

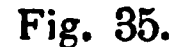
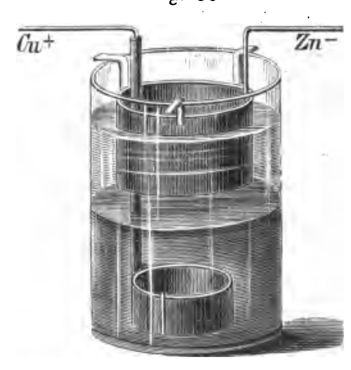


Fig. 35.



Fig. 36



und aus Kupfer in Kupfervitriol. Die beiden Flüssigkeiten sind nicht wie beim gewöhnlichen Daniell-Element durch ein Diaphragma getrennt, sondern das Merkwürdige dieses Elementes besteht darin, dass sie blos durch ihr specifisches Gewicht übereinander gesondert gehalten werden, und zwar zu unterst das schwerere Kupfervitriol, darüber das leichtere Zinkvitriol. Wie Fig. 36 zeigt, wird das Zink in Form eines Cylinders an drei in denselben ein-

gebohrten Drähten auf den Rand des runden Glases aufgehängt. Das Kupfer kommt auf den Boden des Glases zu liegen, ein mit ihm verschraubter und verlötheter Kupferdraht führt aufwärts. Die Strecke, wo er das Zinkvitriol durchsetzt, ist mit Guttapercha isolirt. Um eine Mischung der übereinandergelagerten Flüssigkeiten zu verhindern, muss das Kupfervitriol immer gesättigt gehalten werden. Es sind daher am Boden ungelöste Kupferkrystalle im Vorrath aufzuspeichern. Der Widerstand dieses Elementes beträgt 4 bis 5 Ohm, ist also zehnmal grösser als beim Leclanché-Element, während die elektromotorische Kraft etwas kleiner ist. Es steht also in Bezug auf Leistungsfähigkeit dem Leclanché-Element nach, dagegen übertrifft es dieses an Haltbarkeit. Das Element muss an einem ruhigen Orte aufgestellt werden, wenn auch in dieser Richtung es nicht so sehr empfindlich zu sein scheint.

Selbstverständlich könnten noch verschiedene andere Elemente im Telephonbetrieb Verwendung finden, sofern sie die nöthigen Eigenschaften haben. Wir haben nur diejenigen zwei hervorgehoben, welche fast ausschliesslich hiefür benutzt werden.

e) Blitzschutzvorrichtungen.

Um die empfindlichen und theilweise kostbaren Telephonapparate vor der Beschädigung durch den Blitz und andere atmosphärische elektrische Entladungen zu schützen, werden sie mit Blitzschutzvorrichtungen versehen. Dieselben haben im Allgemeinen dieselben Formen wie diejenigen Vorrichtungen, welche bei den Telegraphenapparaten üblich sind, nur hat man versucht,



denselben, entsprechend ihrer Verwendung, eine etwas einfachere Gestalt zu geben. Auch ist bei der Construction derselben zu berücksichtigen, dass sie an Orten aufgestellt werden, wo sie keinerlei Ueberwachung und Besorgung erfahren.

Die Blitzschutzvorrichtungen kann man in zwei verschiedene Systeme unterbringen. Das eine System basirt auf der Verwendung der sogenannten Schutzdrähte. Sobald ein Strom von vorausbestimmter Stärke, welche den Apparat beschädigen könnte, den Schutzdraht durchfliesst, wird dieser geschmolzen und stellt eine Verbindung mit der Erde her, wodurch der zu starke Strom unschädlich abgeleitet wird. Das zweite System benutzt die Eigenschaft hochgespannter Ströme, auf dem nächsten Wege mit Ueberspringung kleiner Luftschichten den Weg zur Erde zu suchen.

Die erste Form der Blitzableiter mit Schutzdrähten wird in zweckmässiger Weise bei den Fernsprechstationen des Deutschen Reiches verwendet. Den sogenannten Spindelblitzableiter stellt Fig. 37 dar. Der Haupttheil desselben, die Spindel, ist in Fig. 37 in der Ansicht noch besonders und in Fig. 38 im Durchschnitt dargestellt; sie besteht aus einem Stahlstift, auf welchem drei von einander isolirte Messingcylinder m_1, M, m_2 aufgesteckt sind. Der mittlere Cylinder M ist direct auf die Spindel aufgesteckt und mit ihr verlöthet. Die beiden Enden m dieses Cylinders sind abgedreht, so dass sie Zapfen von etwas geringerem Durchmesser bilden als das Mittelstück. Auf diese Zapfen ist nun ein dünner, etwa 0·1 Millimeter dicker, mit Seide umsponnener Draht aufgewickelt. Die Stücke m_1 und m_2 sind durch Ebonithülsen von der Spindel wie vom Stück M isolirt. Das Mittelstück

M, sowie die Ebonithülsen besitzen an ihrer Oberfläche eine spiralige Nuthe, in welcher der auf m aufgewickelte Draht d eingelegt wird. Dieser wird mit seinen beiden Enden an die Stücke m_1 und m_2 verlöthet, so dass dadurch diese beiden Stücke in leitende Verbindung kommen,

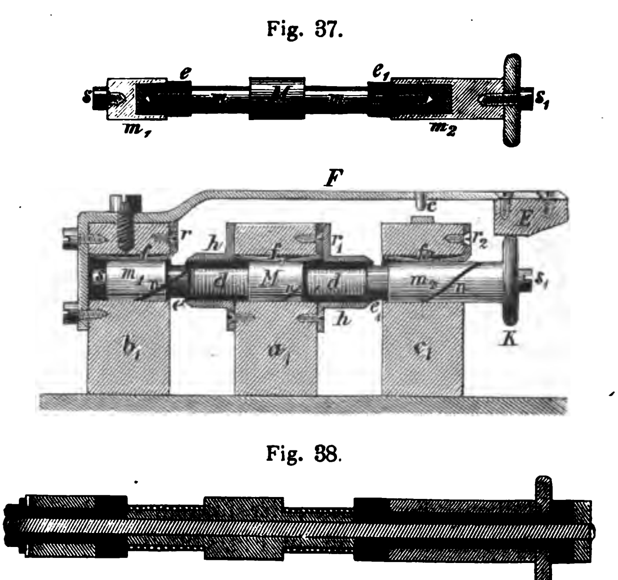


Fig. 37.

Fig. 38.

während das Stück M von denselben durch die Umspinnung des Drahtes isolirt bleibt. Diese Spindel wird nun in drei Messingklötze a_1, b_1, c_1 eingelassen, welche cylindrische Durchbohrungen tragen und in welche die Spindel gerade hineinpasst. Eine bessere Führung und zugleich elektrische Verbindung wird durch die Metallfedern f erreicht, welche sich mit einem gewissen Druck an die Cylinder m_1 m_2 und M anpressen. Der linksliegende Klotz b_1 wird

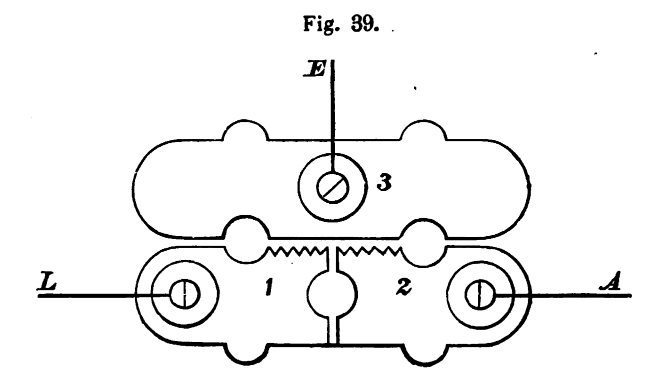
mit der Leitung zum Apparat, der rechts liegende c_1 mit der Linie verbunden, während der mittlere a_1 an die Erdleitung angeschlossen ist. Die Leitung führt von dem rechtsliegenden Klotz durch den Seidendraht zum linksliegenden Klotz und von da zum Apparat. Gelangt ein zu starker Strom aus der Linie in die Blitzplatte, so muss er den Seidendraht passiren. Dieser wird dadurch geschmolzen und gelangt im gleichen Moment bei Zerstörung der Seidenumhüllung in Verbindung mit dem Cylinder *M*, wodurch der zu starke Strom zur Erde abgeführt wird; die Leitung nach dem Apparat wird durch Abschmelzen des Drahtes zu gleicher Zeit unterbrochen und derselbe vor Zerstörung geschützt. Um nach Abschmelzen des Drahtes die Station wieder in betriebsfähigen Zustand zu stellen, muss die Spindel ausgewechselt werden. Um aber bis zur Auswechslung den Apparat doch noch gebrauchen zu können, wird die Spindel einfach aus ihrem Lager herausgezogen, wodurch folgende Contactänderungen eintreten:

Am linksliegenden Messingklotz ist eine Messingplatte *F* befestigt, welche eine Platinspitze *c* trägt und welche auf einem Platinplättchen am rechtsliegenden Messingklotz aufliegt. Dadurch wird der zerstörte Draht ausgeschlossen, der rechts- und der linksliegende Messingklotz direct miteinander verbunden und die Linie, mit Ausschluss der Spindel, zum Apparat geführt. Wird aber wieder eine neue Spindel eingesetzt, so hebt die an derselben befestigte Scheibe *K* das an der Mittelplatte befestigte Ebonitstück *E* in die Höhe, unterbricht den Platincontact und schaltet dadurch den Schutzdraht der neuen Spindel in die Leitung ein.

An den Telephonapparaten befindet sich sehr oft eine Blitzplatte, welche in Fig. 39 abgebildet ist und

welche aus drei einander gegenübergestellten Messingblechen 1, 2 und 3 besteht. Wie aus der Figur ersichtlich, sind die Platten 1 und 2 mit Zacken versehen, welche der Platte 3 möglichst nahe gestellt werden. Zwischen den Platten 1 und 2 ist der Apparat eingeschaltet, die Platte 3 ist zur Erde abgeleitet, und es sollen die aus der Linie in die Platten 1 oder 2 gelangenden zu starken elektrischen Ströme durch die Zacken in die Erdplatte 3 übergeleitet werden. Zwischen je zwei

Fig. 39.



dieser Platten befindet sich ausserdem noch eine cylindrische Bohrung, in welche ein Metallstift eingesetzt werden kann; dadurch wird dieser Blitzableiter zugleich in einen sehr bequemen Ausschalter verwandelt. Wird der Stöpsel zwischen 1 und 3 eingesetzt, so wird die Linie *L* zur Erde abgeleitet. Durch Einsetzen des Stiftes zwischen 2 und 3 wird die Linie *A* zur Erde abgeleitet. Während eines starken Gewitters kann man durch diese Stellungen die Linie zur grösseren Sicherheit direct mit der Erde verbinden. Setzt man den Stöpsel zwischen 1 und 2, so

wird der Apparat in kurzen Schluss gesetzt, was zur Untersuchung der Leitung oder des Apparates sehr bequem ist.

Eine einfache und solide Blitzplatte ist in Fig. 40 in Ansicht und Durchschnitt dargestellt. Auf einer viereckigen

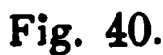
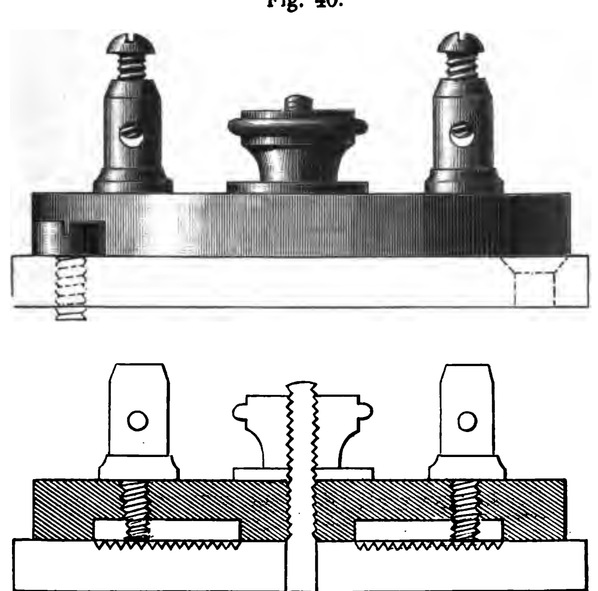


Fig. 40.



Metallplatte ist eine zweite cylindrische aufgeschraubt. Diese letztere ist in eine Ebonitplatte eingelassen, welche ganz wenig vorsteht, so dass ein kleiner Zwischenraum zwischen der unteren und oberen Metallplatte frei bleibt. Um die Wirksamkeit zu erhöhen, ist die untere Platte mit einer Reihe von concentrischen Kreisen versehen, welche scharfe Kanten bilden. Desgleichen sind in die obere Platte

eine Reihe von parallelen Nuthen eingegraben. Bei jeder Lage der beiden Platten gegeneinander entsteht eine grosse Zahl rechtwinkeliger Schnittlinien der beiden Nuthensysteme, welche das Ueberspringen hochgespannter elektrischer Ströme erleichtern. Diese Blitzplatte ist so empfindlich, dass Inductionsströme eines ganz kleinen Inductionsapparates, mit einem einzigen Elemente betrieben, nicht durch die Blitzplatte passiren können, sondern durch die Nuthen in die Erde überspringen.

Als specielle Form ist der in Amerika bekannte automatische Blitzableiter zu erwähnen. Derselbe besteht aus einem Elektromagnet, welcher in die Linie eingeschaltet ist. Der Anker dieses Elektromagneten ist mit der Linie verbunden, und wird für gewöhnlich durch eine Feder an den Apparatencontact angepresst. Wenn aber ein zu starker Strom die Linie passirt und den Elektromagnet durchfliesst, so zieht der letztere den Anker an, welcher dabei die Linie von dem Apparatencontact weghebt und an einen zweiten Contact anlegt, welcher zur Erde führt. Hört der starke Strom auf, so wird der Anker abgerissen und die Linie wieder automatisch mit dem Apparat verbunden.

Auf den Centralstationen, wo viele hundert Drähte zusammenlaufen, kommt es darauf an, eine möglichst gedrängte und zugleich wirksame Blitzschutzvorrichtung zu haben. In Fig. 41 ist eine Blitzplatte dargestellt, welche sich sehr gut bewährt hat. Dieselbe ist für 25 Drähte eingerichtet und besteht aus einer Grundplatte und darüber liegenden Lamellen für die Liniendrähte. Fig. 42 ist ein Querschnitt durch dieselbe und zeigt die Constructionsdetails. Sowohl die mit der Erde verbundene Grundplatte als die einzelnen Linienlamellen sind mit scharfen Rinnen versehen, und zwar



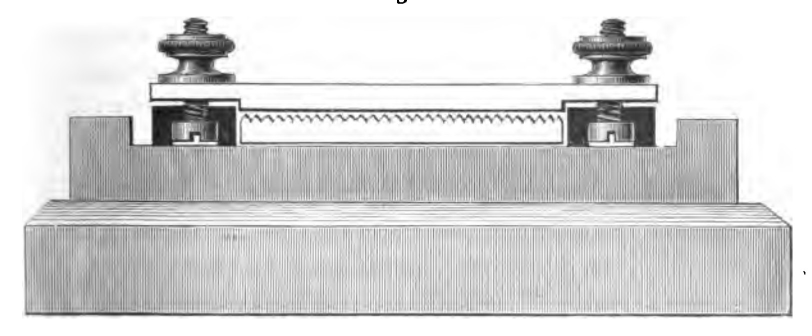
so, dass diejenigen der Grundplatte und der Linienlamellen einander unter rechtem Winkel schneiden. Die Linienlamellen ruhen auf einer Leiste aus Ebonit, deren Dicke

Fig. 41.



so bemessen ist, dass die übereinanderliegenden Rinnen durch eine ganz kleine Luftschicht von etwa ein Zehntel Millimeter getrennt sind. Diese Blitzplatte gestattet auch

Fig. 42.



mit Leichtigkeit die Liniendrähte zu isoliren oder die Verbindung mit anderen Lamellen herzustellen, was besonders bei Störungen sehr wünschenswerth ist.

Man hat über die Zweckmässigkeit von Blitzschutzvorrichtungen in Telephonnetzen schon die verschiedenartigsten Ansichten geäussert. Die Erfahrung hat gezeigt, dass ein Telephonnetz vor Blitzschlägen sozusagen ganz geschützt ist. Es ist dies sehr begreiflich, wenn man bedenkt, dass alle Drähte zur Erde abgeleitet sind und ein Netz von vielen hundert solcher Drähte die Ausgleichung der Spannung der atmosphärischen Elektricität ausserordentlich begünstigen muss. Wenn nun auch eigentliche Blitzschläge auf die Telephonleitungen wohl kaum zu befürchten sind, so erfordern die Apparate mit ihrem ganz dünnen Wicklungsdrahte doch gleichwohl einen Schutz vor den Einwirkungen der atmosphärischen Elektricität, und zwar nicht sowohl gegen directe Blitzschläge, als vielmehr gegen die elektrischen Strömungen, welche in Folge der Blitzschläge während der Gewitter über und unter der Erde veranlasst werden, und welche gewöhnlich eine sehr grosse räumliche Ausdehnung haben. Trotzdem Blitzschläge sehr selten beobachtet werden können, sind doch Beschädigungen der Elektromagnete an nicht geschützten Apparaten ziemlich häufig und daher eine gute Blitzschutzvorrichtung immer empfehlenswerth.

f) Die Apparatensysteme.

Die Bestandtheile der Fernsprechstationen, welche wir bis jetzt betrachtet haben, sind Telephon, Mikrophon, Läuteeinrichtung, Batterie, Blitzschutzvorrichtung, und es kommt nun noch darauf an, sie richtig zu combiniren. Alle Apparate benützen als Empfänger ein oder zwei Magnettelephone. Es soll zwar auch Systeme geben, welche Condensatoren als Empfänger benützen,



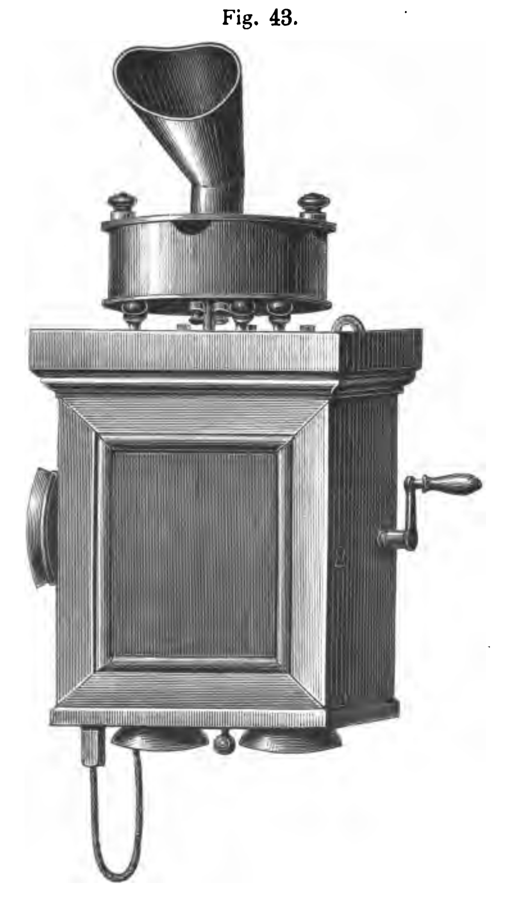
doch habe ich noch nie Gelegenheit gehabt, eine solche Station zu erproben, und es ist mir auch kein Telephonnetz bekannt, wo dieser Empfänger allgemeine Verwendung finden würde. Wir sehen daher hier von denselben ab. Nach Art des Senders unterscheiden wir Stationen, welche Magnettelephone, und solche, welche Mikrophone verwenden. Nach Art des Aufrufes giebt es Stationen mit Batteriewecker, und solche mit Inductionsläutwerk.

Die einfachste Station wird aus zwei Siemens-Telephonen mit Ruftrompete gebildet. Das eine Telephon dient als Sender, das andere als Geber, und zum Aufruf verwendet man die Ruftrompete. Diese Stationseinrichtung ist auf die bei Anlass der Besprechung der Ruftrompete erwähnte Grenze beschränkt, hat aber, so weit ihr Verwendungsbereich ausgedehnt werden kann, grosse Vorzüge, indem sie sehr einfach ist, keine Batterie erfordert und sehr leicht zu handhaben ist. Wo also eine telephonische Verbindung auf eine Strecke von einigen hundert Metern erstellt werden soll und die Ruftrompete zum Aufruf genügt, ist diese Einrichtung vorzuziehen.

Genügt die Ruftrompete nicht, so verwendet man zweckmässig als Aufruf einen Inductor. Man erhält dann immer noch eine Station, welche keiner Batterie bedarf. Wenn es sich um nur kurze Linien handelt, kann man den einfachen Apparat von Abdank verwenden. Soll aber die Einrichtung auch auf längere Linien gehen, so verwendet man das gewöhnliche Inductionsläutwerk. Fig. 43 zeigt eine solche Station. Im Kästchen ist der Inductor untergebracht. Auf demselben steht ein als Sender dienendes lautsprechendes Telephon von Böttcher. Dasselbe ist ähnlich construirt wie das Gower-Telephon.

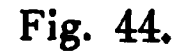
Unter dem Kästchen ist der Wecker angebracht und seitlich links das Hörtelephon aufgehängt. Auf kürzeren

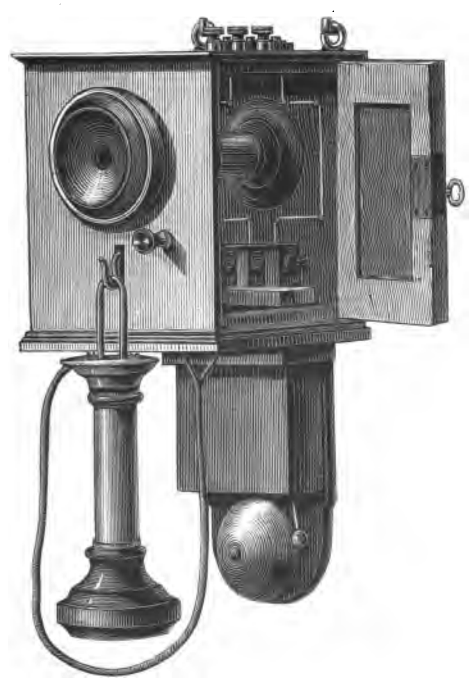
Fig. 43.



Linien giebt diese Station ganz befriedigende Resultate und hat den Vortheil, gar keines Unterhaltes zu bedürfen.

Die im Deutschen Reich verwendete Combination benutzt als Sender ein Magnettelephon, als Aufrufapparat eine Batterieklingel. Diese Combination ist nicht besonders vortheilhaft, da sie den Nachtheil einer relativ

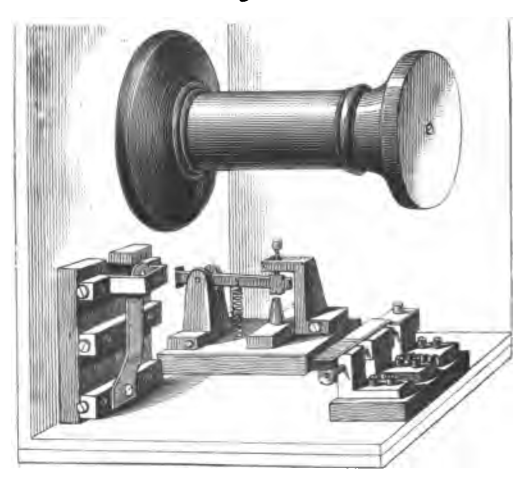

Fig. 44.



schwachen Uebertragung der Apparate ohne Mikrophon mit dem Nachtheil der umständlichen Unterhaltung der Apparate mit Batterie verbindet. Im Uebrigen ist die Anordnung der einzelnen Theile eine zweckmässige. Die Figuren 44 und 45 zeigen das Aeussere und Innere des

Kästchens, in welchem die verschiedenen Bestandtheile untergebracht sind. Das als Sender dienende Telephon ist in horizontaler Lage, die Sprechöffnung nach aussen gerichtet, befestigt. Weitere Bestandtheile sind der Taster zum Aufrufen und der Spindelblitzableiter, welcher mit einem aus Zacken gebildeten Spitzenblitzableiter combinirt ist.

Fig. 45.



Die am meisten verbreitete amerikanische Combination besteht aus einem Mikrophon als Sender und einem Inductor als Aufrufapparat. Diese einzelnen Theile sind nun zweckmässig so zu combiniren, dass immer möglichst wenig Widerstand in die Leitung eingeschaltet ist, um das Functioniren der Apparate zu erleichtern. Wenn nicht gesprochen wird, bleiben das Mikrophon und die Telephone ausgeschaltet. Während des Sprechens dagegen soll der Aufrufapparat ausgeschaltet bleiben. Im Ferneren

soll die Mikrophonbatterie nur dann geschlossen sein, wenn gesprochen wird, um einen unnützen Verbrauch derselben zu vermeiden. Man kann sich nun zwei Combinationen denken, wie das zu erreichen ist. Diese beiden Fälle sind in der Fig. 46 *a* und *b* schematisch dargestellt. In dem einen Falle (Fig. 46 *a*) wird die Linie *l* an den zweiarmigen Hebel *h* geführt, welcher in der Ruhelage durch das Gewicht des angehängten Telephons nach aufwärts gezogen wird und dabei mit der Contactfeder *a* in Berührung kommt. An diese Feder ist das aus dem Inductor *J* und der Glocke *G* bestehende Läutwerk angeschlossen. Wird das Telephon abgehängt, so wird der Hebel durch die Feder *f* nach abwärts gezogen und kommt mit einer anderen Contactfeder *b* in Berührung, welche zu der Inductionsspule des Mikrophons *M* und zum Telephon *T* führt. Durch Abhängen des Telephons wird also automatisch die Linie von der Verbindung mit dem Aufrufapparat losgelöst und mit dem Sprechapparat verbunden. Zu gleicher Zeit wird der Batteriestromkreis an den Federn *c* und *d* durch den Körper des Hebels *a* geschlossen und ebenso beim Aufhängen des Telephons wieder unterbrochen.

Während bei der eben beschriebenen Combination die Aufrufapparate oder die Sprechapparate abwechselnd mit der Leitung verbunden oder von derselben isolirt werden, gelangen sie bei der zweiten Combination in kurzen Schluss, wodurch deren Widerstand ebenfalls unschädlich gemacht wird. Das Schema derselben ist in Fig. 46 *b* dargestellt. Die Linie *i* führt wieder zu einem zweiarmigen Hebel *h*. Vor demselben ist der Sprechapparat *M* und *T* in die Leitung eingeschaltet. Eine Zweigleitung führt zu der Contactfeder *b*. Vom Drehpunkt des Hebels geht die

Leitung durch das Läutwerk (*J u. G*) zur Erde, während von der Contactfeder *a* eine zweite directe Erdleitung ausgeht.

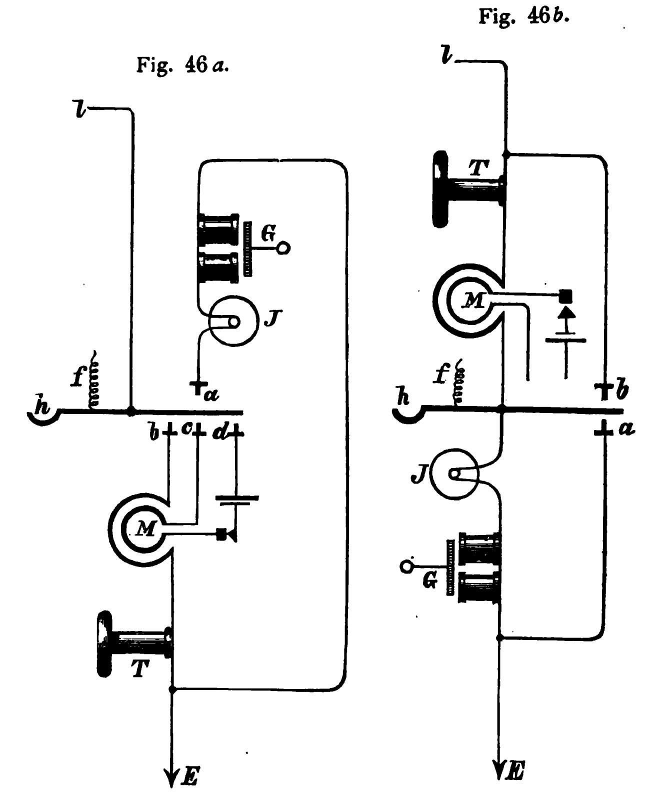


Fig. 46 *a*. Fig. 46 *b*.

Je nachdem nun das Telephon angehängt oder abgehängt ist, macht der Hebel mit der Feder *b* oder mit der Feder *a* Contact, und es liegen in Folge dessen der Sprechapparat oder der Aufrufapparat im kurzen Schlusse. In gleicher Zeit muss auch der Batteriestromkreis des Mikrophons geöffnet und geschlossen werden.

Die Ansicht einer vollständig zusammengestellten Station geben wir in Fig. 47. Die einzelnen Bestandtheile sind auf einem Brett montirt, welches an der verticalen Zimmerwand festgeschraubt wird. Oben kommt das Inductorkästchen mit der Glocke, dem Inductor und dem Umschalter sammt Haken zum Aufhängen des Telephons zu liegen. Darunter ist das Mikrophon befestigt und zu unterst das Batteriekästchen. Fig. 48 zeigt eine solche Station geöffnet mit Angabe des Stromlaufes. Der Umschalter wird durch den Hebel *A* gebildet, dessen innerer Arm die Contactfedern 1, 2, 3, 4 und 5 berühren kann. Die Verbindungen sind nach dem Schema Fig. 46 *a* ausgeführt.

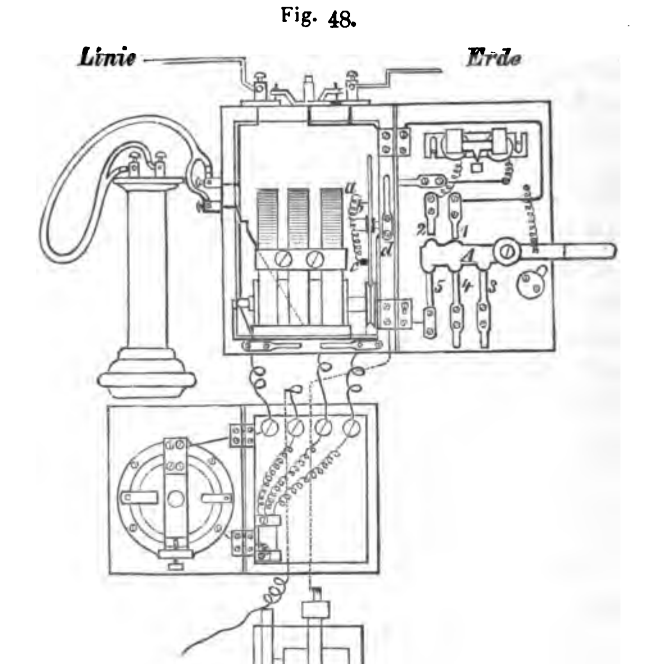
Fig. 47.



Der Inductor hat einen sehr bedeutenden Widerstand, der circa 1000 Ohm beträgt, und also grösser ist, als der Widerstand der Leitung und der übrigen Apparate zusammengenommen. Für gewöhnlich repräsentirt er aber einen todten Widerstand, da er eigentlich nur dann nothwendig ist, wenn die Station aufrufen will. Es ist daher wünschenswerth, dass dieser Widerstand ausgeschaltet bleibt und nur dann mit der Leitung verbunden werde, wenn aufgerufen wird. Dieser

Zweck ist sehr leicht zu erreichen durch einen Federcontact, welcher für gewöhnlich die Windungen des Inductors kurz schliesst. Soll geläutet werden, so kann

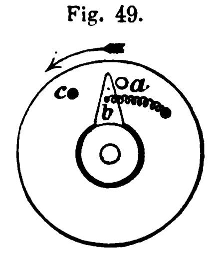
Fig. 48.



durch Druck auf den Federcontact der kurze Schluss unterbrochen werden, wodurch dann die Windungen des Inductors in die Leitungen eingeschaltet sind. Es

giebt auch verschiedene Anordnungen, wodurch automatisch, wenn die Kurbel des Inductors gedreht wird, die Unterbrechung des kurzen Schlusses erfolgt. Bei dem Apparate, dessen Schema wir reproducirt haben, geschieht diese automatische Einschaltung auf folgende Weise: Der Inductor ist zwischen den Stift *a*, Fig. 49, welcher auf dem metallenen Triebrad sitzt, und der Zunge *b*, die auf der vom Triebrad isolirten Axe der Kurbel befestigt ist, eingeschaltet. So lange durch die Wirkung einer Spiralfeder die Metalltheile *a* und *b* in Contact bleiben, ist die Inductorspule in kurzem Schluss gehalten. Wird aber die Kurbel im Sinne des Pfeiles gedreht, so muss erst die Spiralfeder gespannt werden, bevor das Triebrad mitgeht. Dadurch kommt die Zunge vom Stift *a* weg, der kurze Schluss wird unterbrochen und die Inductorwindungen sind eingeschaltet. Sobald der Zug auf die Kurbel nachlässt, zieht die Feder den Stift *a* wieder an die Zunge und die Windungen kommen wieder in kurzen Schluss.

Fig. 49.



Natürlich giebt es für diesen Zweck eine ganze Reihe anderer Vorrichtungen, welche aber alle mehr oder weniger auf demselben Principe beruhen, den kurzen Schluss durch mechanische Mittel bei der Drehung der Kurbel zu unterbrechen.

Wenn als Sender ein eincontactiges Mikrophon verwendet wird, so ist in der Regel nur ein Element nothwendig, welches in dem Kästchen unmittelbar unter dem Mikrophon untergebracht werden kann. Dieses Kästchen kann zu gleicher Zeit als Schreibpult verwendet werden, um während des Sprechens kurze No-

tizen zu machen oder aufgegebene Telegramme u. s. w. zu notiren. Werden mehrcontactige Mikrophone verwendet, welche eine grössere Zahl von Elementen gebrauchen, so kann die Batterie nicht unmittelbar beim Apparat untergebracht werden, sondern erfordert ein grösseres Kästchen, welches anderweitig placirt werden muss. Fig. 50 zeigt die Ansicht einer solchen Station mit *mehrcontactigem* Mikrophon. Da die Membran, gegen welche gesprochen wird, bei diesen Mikrophonen gewöhnlich horizontal liegt, ist es vortheilhaft, das Mikrophon *über* dem Inductorkästchen anzuordnen.



Fig. 50.



Wenn *vielcontactige* Mikrophone verwendet werden, so erfordern dieselben eine Batterie von wenigstens vier bis sechs Elementen. Diese reichen für kürzere Linien aus, um einen *Batterieaufruf* zu bedienen, so dass dann dieselbe Batterie sowohl für das Mikrophon als den Aufruf verwendet werden kann. Eine solche Einrichtung (in Frankreich gebräuchlich) zeigt Fig. 51 mit einem *Ader*-Mikrophon. Das Kästchen, welches die Holzmembran mit den Contacten trägt, enthält zu gleicher Zeit die Inductionsspule des Mikrophons, sowie einen einfachen Umschalter, welcher bei ange-

hängtem Telephon die Batteriestromleitung des Mikrophons unterbricht, bei abgehängtem Telephon dagegen dieselbe schliesst. Oberhalb ist ein Taster zum Aufruf angebracht, und zu beiden Seiten an passenden Haken, von welchen einer als Umschalter functionirt, die beiden Telephone aufgehängt.

Wenn die Linien so kurz sind, dass schon ein einziges Element zum Läuten ausreicht, so kann man

Fig. 51.



dieselbe Einrichtung auch für eincontactige Mikrophone verwenden. Fig. 52 zeigt eine solche mit einem Blake-Mikrophon.

Für den sicheren Betrieb der Apparate ist es wesentlich, dass die Verbindung der Umschalthebel mit den Contactfedern stets sicher hergestellt werden. Zu diesem Behufe ist es rathsam, alle Contacte durch grosse reibende Flächen zu vermitteln und diese Flächen durch Platinirung vor Oxydation zu schützen. Einfache Druckcontacte, auch mit Platinpunkten, sind nicht empfehlenswerth.

g) Nebenapparate.

Neben der completen Stationseinrichtung, deren verschiedene Formen wir soeben betrachtet haben, giebt es noch verschiedene Hilfsapparate. Wir wollen nur die am häufigsten verwendeten hervorheben. Sehr oft wird neben der Glocke, welche zum Apparat gehört, noch eine zweite an einem anderen Orte des Hauses oder auch in einem benachbarten Hause angebracht, welche entweder in die Hauptleitung eingeschaltet wird und immer tönt, wenn die Station aufgerufen wird, oder welche durch einen besonderen Umschalter jeweilen an Stelle des Apparates, z. B. während der Nacht, eingeschaltet wird. Natürlich müssen hiefür Glocken derselben Construction verwendet werden, wie für die Station selbst. Fig. 53 zeigt einen solchen Zusatzwechselstromwecker.

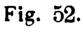


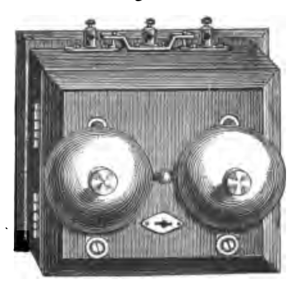
Fig. 52.



Häufig wird eine Station als Mittelstation ausgeführt, so dass an den beiden Linienklemmen derselben weitere Leitungen angeschlossen werden, welche nach anderen Stationen führen. Wenn eine der drei so miteinander verbundenen Stationen aufruft, so werden dann immer die beiden übrigen Stationen zusammen aufgerufen und es sind alle drei Stationen im Stande, gleichzeitig miteinander zu conversiren. Das hat zwei Nachtheile: erstens

werden immer die beiden übrigen Stationen, auch diejenige, welche nicht verlangt wird, aufgerufen, und zweitens kann die dritte Station abhören, was die beiden anderen zusammen sprechen. Um diesen Uebelständen abzuhelfen, giebt es zwei verschiedene Wege. Der einfachere besteht darin, in der Mittelstation einen Umschalter und einen Wecker aufzustellen. Es steht dann die eine Linie mit dem Zusatzwecker in Verbindung, die andere Linie mit dem Apparate. Der Wecker der Station und der Zusatzwecker müssen sich durch verschiedene Töne unterscheiden. Ertönt die Glocke des Stationsapparates, so kann ohneweiters die Unterhaltung beginnen; ruft aber der Zusatzwecker, so muss durch den Umschalter erst der Apparat auf die rufende Linie geschaltet werden, womit die Zusatzglocke zu gleicher Zeit an die andere Linie gelegt wird. Eine dritte Stellung des Umschalters muss gestatten, die Endstationen direct, mit Ausschluss der Mittelstation, zu verbinden. Fig. 54 ist die Abbildung eines zu diesem Zwecke construirten Umschalters, welcher bei den Sprechstationen des Deutschen Reiches hiefür verwendet wird. Derselbe besteht aus drei von einander isolirten Contactkörpern *a*, *b*, *c*, welche auf einem Ebonitcylinder aufgeschraubt sind. Die Contactklemmen l_1 L_1 sind mit der einen Linie, die Contactklemmen l_2 L_2 mit der zweiten Linie verbunden. Die Klemme *A* führt zum Telephonapparat, die Klemme *W* zum Zusatzwecker. In der Stellung, welche in der Figur dargestellt ist, sind l_1 und l_2 direct verbunden, Apparat und Wecker isolirt.

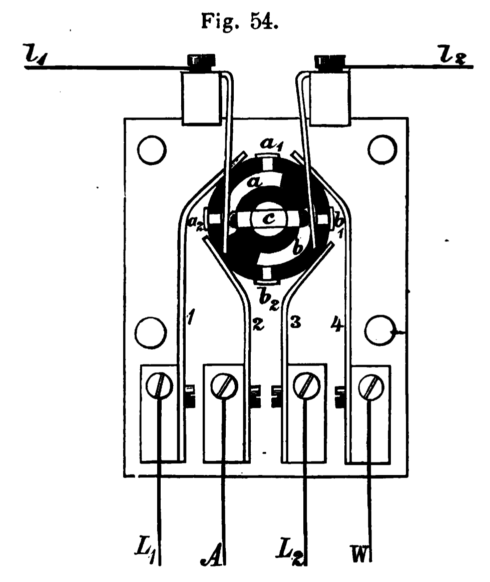
Fig. 53.



Die Verbindungen in den beiden anderen Fällen, wenn der Contactkörper um 45⁰ nach rechts oder links gedeckt wird, können der Figur leicht entnommen werden.

Der gleiche Zweck kann noch auf verschieden andere Arten erreicht werden. Wir wollen noch das von Rothen construirte Nummernkästchen erwähnen. Dasselbe ist in Fig. 55 in seiner äusseren Ansicht abgebildet. Fig. 56

Fig. 54.



giebt das Schema der Leitungen. Das Kästchen besteht aus zwei Fallklappen mit Elektromagneten und einem Zeigerumschalter. Der letztere wird aus drei Paaren von isolirten Messingsegmenten gebildet, welche Stücke eines Kreisringes bilden und auf einer Ebonitplatte festgeschraubt sind. Auf denselben schleifen zwei Federn, welche mit den Liniendrähten in Verbindung stehen und

mit dem drehbaren Zeiger verbunden sind. Die Segmente kann man auf verschiedene Weise verbinden und man ist dadurch in den Stand gesetzt, mit leichter Mühe den Umschalter den verschiedenartigsten Zwecken anzupassen, welcher Umstand das Nummernkästchen sehr bequem macht. Betrachten wir das in der Figur 56 gezeichnete

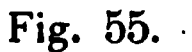


Fig. 55.

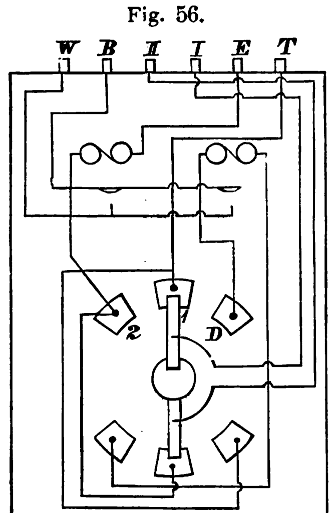


Schema. Die Klemme T ist mit dem Apparat, I mit der Linie 1, II mit der Linie 2 verbunden. Steht der Zeiger auf 1, so ist die Linie 1 mit dem Telephonapparat der Mittelstation verbunden, die Linie 2 führt durch die eine Fallklappe zur Erde. Steht der Zeiger auf 2, so ist die Linie 2 mit dem Sprechapparat verbunden und Linie 1 geht durch die Fallklappe zur Erde. Steht endlich der

Zeiger auf *D*, so ist die Linie 1 durch die Fallklappe *D* direct mit der Linie verbunden, der Apparat der Mittelstation ist ausgeschaltet. Wenn 1 und 2 ihre Unterhaltung beendigt haben, so geben sie das Schlusszeichen, worauf der Zeiger von der Mittelstation wieder auf 1 oder 2 gestellt wird.

Durch die Fallklappe, deren Beschreibung später folgen wird, kann zudem noch ein anderswo aufgestellter Zusatzwecker, welcher zwischen die Klemmen *B* und *W* (Fig. 56) eingeschaltet ist, in Function gesetzt werden.

Fig. 56.



Oft ist es erwünscht, eine Einrichtung so zu treffen, dass bei directer Verbindung der drei Stationen hintereinander jede Endstation entweder die Mittelstation oder die zweite Endstation aufrufen kann. Es erhalten dann die Stationen polarisirte Glocken, so dass die Glocke der Mittelstation auf positive Ströme, die Glocken der Endstationen auf negative Ströme ansprechen. Man kann die Einrichtung auch so treffen, dass die Mittelstation mit gleichgerichteten Strömen, die Endstationen mit Wechselströmen functioniren. Diese Einrichtung hat besonderen Werth, wenn die Mittelstation die Centralstation eines Telephonnetzes repräsentirt.

II. Die Leitungen.

Das zweite Hauptcapitel, mit welchem wir uns zu beschäftigen haben, hat die Aufgabe zu lösen, die einzelnen Sprechstellen durch Leitungen mit einem Centrum zu verbinden, wo sie nach Bedürfniss miteinander verbunden werden können. Da es sich um eine sehr grosse Zahl von Leitungen handelt, erfordert die Anlage derselben eine besondere technische Durchbildung und Ueberlegung. In groben Umrissen skizzirt wird die Anlage in der Art auszuführen sein, dass von dem gewählten Centrum aus grosse Hauptstränge ausgehen, welche je nach der Ausdehnung des Netzes bis zu mehreren hundert Drähte in sich vereinigen. Von diesen Hauptsträngen zweigen kleinere Stränge ab, diese theilen sich wiederum und lösen sich zuletzt in die einfachen Leitungen auf, welche die einzelnen Sprechstellen anschliessen.

Wenn es sich um mehrere hundert Drähte handelt, welche alle nach einer Richtung durchzubringen sind, ist es sehr oft nicht möglich, dieselben in offenen Leitungen durch den Luftraum zu bringen, man muss dann zu Kabeln greifen. Wir werden daher in diesem Capitel in erster Linie die oberirdischen Telephonleitungen betrachten und dann nachher auch die unterirdischen Telephonkabel zu schildern haben.

a) Die oberirdischen Telephonleitungen.

Das Gestänge.

Die Telephonleitungen unterscheiden sich von den Telegraphenleitungen in zwei Punkten, die ihnen ein

ganz eigenartiges Gepräge aufdrücken. Diese bestehen in Folgendem:

Die Telephonleitungen erfordern eine viel grössere Zahl von Drähten. Linien mit hundert und mehr Drähten sind gar nichts Aussergewöhnliches. Im Ferneren wird der Bau der Linien meistens im Inneren der Städte ausgeführt, während die Telegraphenleitungen mehr im Freien und nur zum kleinsten Theil innerhalb der Städte liegen.

Die Anlage der Telephonleitungen erfordert daher ganz specielle Vorkehrungen und muss sich viel mehr, als dies beim Telegraph geschieht, nach den localen Verhältnissen richten.

Es ist im Allgemeinen unthunlich, Stangen für hundert und noch mehr Drähte zu stellen, obgleich solche als Nothbehelf hie und da vorkommen. Man ist daher auf das Auskunftsmittel verfallen, die Gestänge an der Façade der Häuser zu befestigen, oder noch besser auf die Dächer zu stellen. Dadurch werden sie den Augen mehr oder weniger entzogen und es wird namentlich die Hemmung des Verkehres, welche durch die Stangen in theilweise engen Strassen nothwendig entstehen müsste, vermieden.

Fig. 57 ist die Ansicht eines Trägers, welcher an die Façade der Häuser befestigt werden kann, Fig. 58 diejenige eines Stangenträgers für einen Hausgiebel. Die Figuren 59 und 60 endlich sind Bockconstructionen, welche auf das Dach selbst gestellt werden. Für eine grössere Anzahl von Drähten muss immer die Bockconstruction angewendet werden. Ein Bock besteht aus zwei oder mehr verticalen Pfosten, an welchen die horizontalen Traversen mit den Isolatorenträgern

festgeschraubt oder festgenietet sind. Diese Böcke werden am besten aus Eisen, hie und da auch aus Holz, construirt, und es muss vor Allem denselben eine ausreichende mechanische Festigkeit gegeben werden.

Fig. 57.

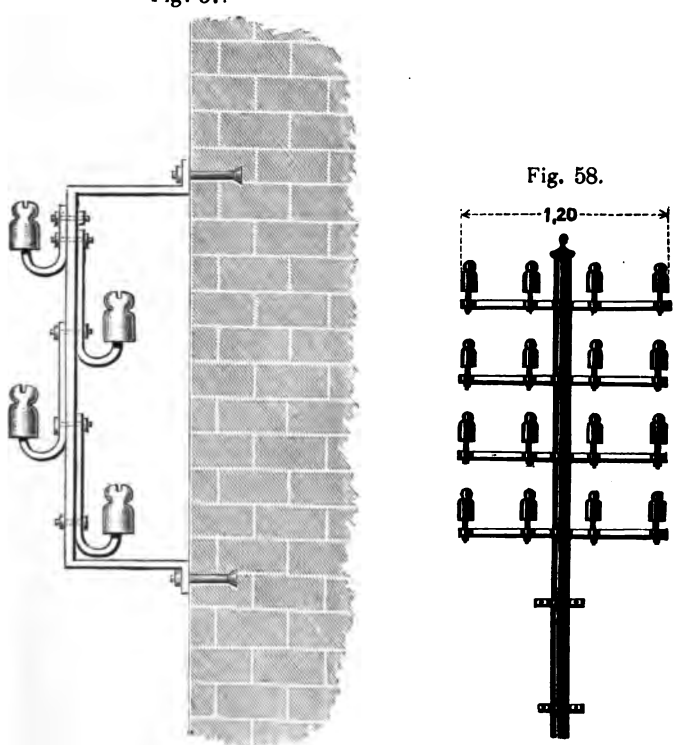
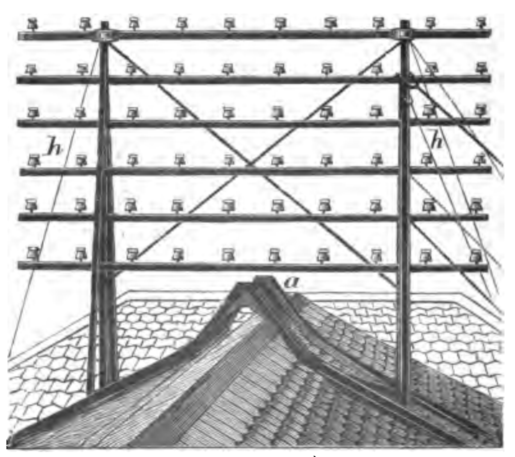


Fig. 58.

Die Kräfte, welche auf den Bock wirken, rühren hauptsächlich von den Drähten her, welche an demselben befestigt sind. Jeder Draht wirkt auf seinen Isolatorenträger in verticaler Richtung mit seinem Ge-

wicht und in horizontaler Richtung mit seiner Spannung. Diese letztere wächst mit sinkender Temperatur; um genügende Sicherheit zu haben, muss daher diejenige Spannung in Rechnung gebracht werden, welche für die niedrigste Temperatur auftreten würde. Es müssen ausserdem die zufälligen Belastungen des Drahtes berücksichtigt werden. Diese können in Schnee oder Eis

Fig. 59.

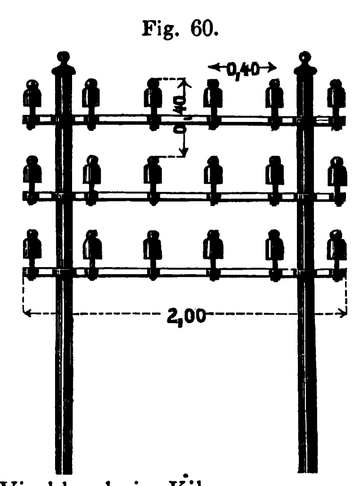


bestehen, welche sich zur Winterszeit an den Draht ansetzen. Endlich kommt noch der Winddruck ins Spiel, welcher sowohl auf die Drähte, als auf das Gestänge wirkt.

Von allen diesen Kräften ist der Drahtzug der wichtigste. Ueber die Grösse und die Abhängigkeit desselben von der Temperatur, der Spannung, dem Gewicht und der Belastung des Drahtes werden wir im folgenden Abschnitt bei der speciellen Besprechung des Drahtes noch einige Mittheilungen machen.

Der Winddruck wirkt weniger auf den Draht (nur wenn sein Durchmesser durch Schneeansätze vergrössert ist) als auf das Gestänge, und kann namentlich stark belasteten alleinstehenden Stangen gefährlich werden. Die Grösse desselben wird durch die Geschwindigkeit ν und die Richtung der bewegten Luftmassen, durch die Grösse und Form der getroffenen Flächen bestimmt. Bezeichnet:

Fig. 60.



P den Winddruck in Kilogrammen,
F den Inhalt der getroffenen Fläche in Quadratmetern,
ν die Geschwindigkeit der Luft in Meter pro Secunde,
γ das Gewicht von 1 Kubikmeter Luft in Kilogrammen,
so ist der Winddruck auf eine zur Bewegungsrichtung normale Fläche

$$P = c\,F\nu^2\gamma.$$

Der Erfahrungscoëfficient c ist nicht ganz constant, sondern variirt etwas mit der Grösse der Fläche. Angenähert ist $P = 0{\cdot}122\,F\nu^2.$

Trifft der Wind die Fläche nicht normal, sondern unter einem Winkel α, so ist

$$P = 0{\cdot}122\, F v^2 \sin^2 \alpha.$$

Die grösste Abweichung von der horizontalen Richtung beträgt bei normalem Winde etwa 10^0.

Wenn die getroffene Fläche nicht eben ist, sondern cylindrisch, wie bei den Telegraphenstangen, so ist der Winddruck nach d'Aubuisson

$$P = 0{\cdot}085\, F^{1,1} v^2.$$

Für das mittlere Europa kann man als grösste Windgeschwindigkeit 16 Meter pro Secunde annehmen. Es wird dann der Druck auf einen Draht von 2 Millimeter Durchmesser 25 Gramm, und auf einen Draht von 0·8 Millimeter Durchmesser 10 Gramm pro laufenden Meter betragen. Für eine Stange von 8 Meter Länge, welche 15 Centimeter mittleren Durchmesser hat und 1·5 Meter tief in den Boden eingegraben ist, beträgt der Winddruck

$$P = 0{\cdot}085\, (0{\cdot}15 \,.\, 6{\cdot}5)^{1,1}\, 16^2 = 21{\cdot}15 \text{ Kilogramm},$$

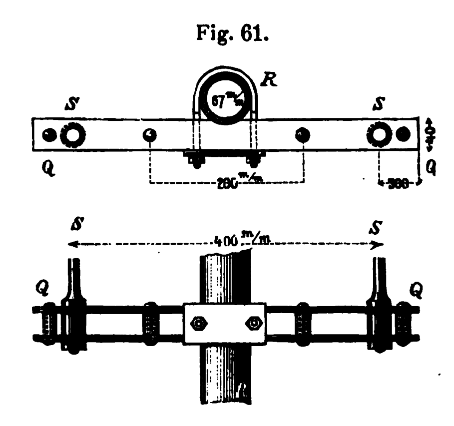
welche Kraft ungefähr in der Mitte der Stange angreift.

Die Stangen und Pfosten der Böcke werden durch die horizontalwirkenden Kräfte auf Biegung, und durch die verticalwirkenden Kräfte auf Zerknicken beansprucht, und es ist nach den Regeln der statischen Mechanik die Festigkeit der einzelnen Theile zu untersuchen. Wollte man den Pfosten solche Dimensionen geben, dass sie eine ausreichende Festigkeit haben, so würden dieselben zu schwer ausfallen. Man greift daher zu künstlichen Verstärkungsmitteln, zu Stützen und Ankerseilen, um dem Zug des Drahtes zu begegnen. Auch diese Constructionstheile sind in Bezug auf ihre Festigkeit und richtigen Lage nach den Regeln der Mechanik zu bestimmen. Wie bei allen Bauten kann man dabei

von verschiedenen Gesichtspunkten geleitet werden. Man kann entweder die Solidität oder die Billigkeit bevorzugen. Man muss dabei namentlich auch die meteorologischen Localverhältnisse berücksichtigen.

Bei dem Stahldraht, dessen Festigkeit 440 Kilogramm beträgt, genügt für die Pfosten Winkeleisen mit 60 Millimeter Kantenlänge und 7 Millimeter Dicke, für die Tra-

Fig. 61.



versen **T**-Eisen mit 35 Millimeter Kantenlänge und 6 Millimeter Dicke.

Die deutsche Reichspostverwaltung verwendet als Pfosten schmiedeiserne Rohreisen von 5 Millimeter Wandstärke und bis zu 75 Millimeter Durchmesser. Die Traversen erhalten die in Fig. 61 abgebildete eigenthümliche Construction. Sie werden aus starkem Flacheisen von 40 Millimeter Breite und 6 bis 7 Millimeter Dicke hergestellt und mit Rohrschellen an die verticalen Ständer befestigt.

In Frankreich und Amerika sind hölzerne Gestelle allgemein verbreitet.

Die Böcke können auf zwei verschiedene Arten auf den Dächern befestigt werden. Man kann sie auf zweckmässige Weise mit den Balken des Dachstuhles verschrauben oder in das Mauerwerk einlassen (Deutschland); diese Methode bietet die grössere Stabilität. Man kann aber die Böcke auch einfach auf das Dach aufsetzen, ohne sie an das Gebälke selbst zu befestigen (Schweiz). Der Bock erhält dann einen Fuss, welcher sich genau der Form des Daches anpasst. Fig. 59 zeigt ein Beispiel eines solchen Bockes. Als wesentliche Vortheile dieser Methode betrachten wir, dass das Dach selbst dabei vollständig intact bleibt, und dass die Böcke sich mit Leichtigkeit versetzen und umändern lassen. Auch die Ueberleitung der Vibrationen in das Innere der Häuser, von denen wir noch später sprechen werden, lässt sich leichter vermeiden. Da der Bock auf dem Dache selbst nicht ganz festsitzt, so muss er durch zweckmässige Verankerung verhindert werden, durch einseitigen Zug sich zu verschieben.

Die specielle Form der Ständer richtet sich jeweilig nach den örtlichen Verhältnissen und der Anlage des Stranges überhaupt. Zwei Gesichtspunkte sind dabei massgebend, einmal die richtige Vertheilung der Drähte in übereinanderliegende horizontale Schichten unter Aufrechthaltung des Parallelismus derselben; es ist sehr wichtig, dass die Drähte von der Centralstation aus überallhin parallel geführt werden; dadurch wird die Uebersichtlichkeit der ganzen Anlage erleichtert, aber auch Betriebsstörungen, namentlich Verwickelungen oft vermieden.

Der zweite Gesichtspunkt bei der Disposition der Ständer ist die mechanische Festigkeit des Systems, welche so gross als möglich gemacht werden soll.

Diese beiden Forderungen sind in jedem einzelnen Falle auf die bestmögliche Art zu vereinigen, und es wird dadurch sowohl die Form des Ständers, als die Stärke und die Verankerung desselben bestimmt.

Wo keine Häuser sich als Stützpunkte für die Ständer eignen, müssen diese auf Stangen gesucht werden. Bei der Verwendung der Stangen gilt als wichtigstes Princip, dieselben so niedrig als möglich zu wählen. Es wird ausnahmsweise vorkommen, dass man zu hohen Stangen die Zuflucht nehmen muss, z. B. bei Strassenübergängen. In Amerika werden Stangen mitten durch die Hauptstrassen der Städte aufgestellt, von einer Länge von 30 und selbst mehr Meter, welche 300 und 400 Drähte tragen.

Wenn thunlich, wird man im Inneren von Städten eiserne Stangen verwenden (Strassburg, Hamburg). Dieselben haben ein besseres Aussehen und bedürfen weniger Verankerung.

Wenn die Stangen lang sind und die Drähte nur am Gipfel derselben befestigt werden können, muss man besonders beachten, dass der Drahtzug an einem grossen Hebelarm angreift, dessen Drehpunkt die Stelle ist, wo die Stange aus dem Boden heraustritt. Eine recht sorgfältige Verankerung ist dann besonders nothwendig.

Die Blitzgefährlichkeit des Telephonlinienbaues ist oft discutirt worden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dieselbe nicht vorhanden ist, dass vielmehr ein über eine Stadt ausgespanntes Telephonnetz wie ein weit ausgedehnter Blitzableiter wirkt. Es ist empfehlenswerth, die eisernen Drahtgestelle mit einer Erdleitung zu versehen. Eigentliche Blitzableiter sind nur für ganz besonders exponirte sehr hohe Böcke ein Bedürfniss. (Siehe Seite 78.)

Der Draht.

Für den Bau der Telephonlinien kommen hauptsächlich zwei specielle Drahtsorten zur Verwendung, Stahldraht und Kupferdraht.

Bei der Wahl des Stahldrahtes geht man von folgenden Gesichtspunkten aus:

In den Telephonnetzen, wo viele hundert Drähte nebeneinander und durcheinander nach allen Richtungen gezogen werden müssen, ist vor Allem auf einen sehr starken Draht zu sehen, um Drahtbrüche so selten als möglich zu machen. Jeder Drahtbruch in einem Strange verursacht eine ganze Reihe von Betriebsstörungen durch Verwickelungen und Ableitungen. Es würde aber auch durch das Herunterfallen von Drähten in lebhaften Strassen der Verkehr gehemmt, und es wären selbst Unglücksfälle nicht ausgeschlossen. Wenn gleichzeitig eine grössere Zahl von Drähten brechen, so ist auch die Festigkeit des Gestänges, an welchem sie befestigt sind, gefährdet. Ein anderer Grund, welcher einen möglichst starken Draht erwünscht macht, liegt darin, dass man sich bei der Wahl der Stützpunkte ganz an die gegebenen örtlichen Verhältnisse halten muss und selten freie Hand hat, dieselben nach Gutfinden zu wählen. Es werden sich daher Fälle einstellen, wo sehr grosse Distanzen zu überspannen sind, die einen Draht von entsprechender Festigkeit verlangen. Von allen Drähten hat Stahldraht die grösste Festigkeit, welche bis zu 120 Kilogramm für den Quadratmillimeter beträgt. Es fragt sich jetzt noch, welchen Durchmesser man diesem Drahte zu geben hat.

Wenn man berücksichtigt, dass man sehr oft in den Fall kommt, an einem einzigen Stützpunkt hundert und

mehr Drähte befestigen zu müssen, so wird man dazu geleitet, einen sehr leichten Draht zu wählen, also den Durchmesser des Stahldrahtes möglichst klein zu nehmen. Wie die Erfahrung zeigt, gelingt es der Technik, einen sehr homogenen und starken Stahldraht von zwei Millimeter Durchmesser herzustellen, welcher eine Zugfestigkeit von 440 Kilogramm hat. Sie scheint aber Schwierigkeiten zu haben, Drähte von gleicher Güte mit kleinerem Durchmesser zu fabriciren. Aus diesem Grunde wendet man gegenwärtig fast allgemein Stahldraht von 2 Millimeter Durchmesser zu Telephonzwecken an. Die Wahl des Stahles und eines kleinen Durchmessers hat einen Nachtheil, indem der elektrische Widerstand der Leitung sehr erheblich vergrössert wird. Er beträgt durchschnittlich 54 Ohm pro Kilometer. So lange es sich aber um Leitungen im Inneren von Städten handelt, kommen nur beschränkte Distanzen von wenigen Kilometern in Betracht; auf diese Distanzen bleibt der Widerstand stets ein relativ beschränkter, so dass die etwas geringe Leitungsfähigkeit keinen empfindlichen Nachtheil zur Folge hat.

Um seine Dauerhaftigkeit zu erhöhen, wird er verzinkt. Ein schützender Ueberzug ist sehr nöthig, da der Draht oft über Kamine und Essen hinwegführt, welche bei Steinkohlenfeuerung Gase entwickeln, welche das Eisen sehr rasch zerstören. Auch der Zinküberzug vermag diesem Einfluss nicht ganz zu widerstehen. Unter ungünstigen Umständen kann ein Stahldraht in zwei bis drei Jahren vollständig zerstört werden. An besonders exponirten Stellen wird daher Draht verwendet, welcher durch ein mit Isolirmasse getränktes Gespinnst geschützt ist, und welcher auch in ungünstigen Verhältnissen 10 bis 20 Jahre lang brauchbar bleiben soll.

Neben dem Stahldraht wird in neuerer Zeit oft Kupferdraht verwendet, welchem man durch gewisse Behandlung eine viel grössere mechanische Festigkeit beibringen kann, ohne dass er viel an seiner Leitungsfähigkeit verliert. Ausserdem gelingt es, den Kupferdraht in viel kleineren Durchmessern homogen darzustellen, als dies beim Stahldraht möglich ist. Diese Eigenschaften erreicht man durch kleine Beimengungen von Phosphor, Chrom oder Silicium, hauptsächlich aber durch eine specielle Behandlung beim Drahtzug (Hartzug).

Für Telephonnetze empfiehlt sich hauptsächlich der Draht von 0·8 Millimeter Durchmesser, der sechsmal leichter als der Stahldraht von 2 Millimeter Durchmesser ist, und daher auch eine entsprechend leichtere Construction des Gestänges erfordert. Ausserdem hat er noch den Vortheil, dass er schon in mässigen Höhen gespannt für das Auge fast unsichtbar ist und daher namentlich bei Spannungen über öffentliche Plätze oder längs den Façaden von Häusern werthvoll wird.

Neben seinen mechanischen Eigenschaften hat aber der Kupferdraht noch sehr werthvolle elektrische Eigenschaften, welche ihn für die Telephonie auf lange Distanzen unentbehrlich machen. Diese liegen in der besseren Leitungsfähigkeit des Kupfers begründet. Schon Fizeau und Gounelle haben gezeigt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität in Kupferdrähten 177.722 Kilometer pro Secunde betrage, in einem Eisendrahte dagegen nur 101.710 Kilometer. Man kann daraus schliessen, dass die Moleküle der Metalle bei dem Durchgang des elektrischen Stromes auf irgend eine Art influencirt werden, auf eine ähnliche Weise, wie man das den Eisenmolekülen zuschreibt, wenn der Eisen-

körper magnetisirt wird. Diese Wechselwirkung zwischen den Molekülen der Metalle und der elektrischen Bewegung ist einem Reibungswiderstande vergleichbar. Er verzögert die Ueberleitung des elektrischen Stromes und verursacht in Folge dessen nothwendig auch eine Deformation. In neuester Zeit hat Preece wieder vergleichende Versuche über die Fortpflanzung der Elektricität in Kupfer- und Eisendrähten mit Telegraphenapparaten angestellt und gefunden, dass sich in einem Kupferdrahte eine um 10 bis 20 Procent grössere Geschwindigkeit erreichen lasse. In seinen neuen Untersuchungen hat Hughes sogar gezeigt, dass die Grösse des Extrastromes im Kupfer sechsmal kleiner sei als im weichen Eisen; der Extrastrom wird allerdings nicht nur durch die physikalische Beschaffenheit, sondern auch durch die geometrische Form des Leiters bestimmt, und soll z. B. für ein Seil aus dünnen Eisendrähten kleiner sein, als für einen vollen Kupferdraht von gleichem Querschnitt.

Andere Vortheile des Kupferdrahtes ergeben sich aus seinem kleineren Widerstande. Nehmen wir einen Kupferdraht und einen Eisendraht von gleichem Widerstande, etwa einen Kupferdraht von 2 Millimeter Durchmesser und einen Eisendraht von 5 Millimeter Durchmesser; der Kupferdraht ist sechsmal leichter als der Eisendraht, auch seine Oberfläche ist sechsmal kleiner. In Folge des letzteren Umstandes ist der Draht leichter zu isoliren, und seine elektrostatische Capacität ist kleiner. Einen über die Erdoberfläche ausgespannten Draht hat man nämlich als einen Condensator zu betrachten, dessen eine Belegung der Draht, dessen andere Belegung die Erde, und dessen isolirendes Medium die zwischenliegende Luft ist. Ist h die Höhe des Drahtes über der Erde,

d sein Durchmesser und *l* seine Länge, so ist die Capacität

$$C = 2\, l\, ln \frac{d}{4\,h}$$

Sind die beiden Drähte 6 Meter über der Erde gespannt, so ist die Capacität pro Kilometer

für den Eisendraht von 5 Millimeter Durchmesser $\frac{1}{8{\cdot}47}$

für den Kupferdraht von 2 Millimeter Durchmesser $\frac{1}{9{\cdot}49}$

das Verhältniss beider 8·47 : 9·49 = 0·89.

In Wahrheit ist die Capacität besonders bei den Telephondrähten viel grösser, da gewöhnlich eine grössere Zahl von Drähten nebeneinander hingeführt werden, wodurch die zweite Belegung des Condensators gleichsam näher gerückt wird. Dasselbe tritt ein, wenn die Drähte über die Häuser weggeführt werden. Die Distanz von den Dächern, welche in diesem Falle die Erde repräsentiren, beträgt zuweilen kaum einen Meter. Je kleiner die Capacität ist, um so besser ist aber die telephonische Uebertragung.

Ein weiterer Vortheil des Kupferdrahtes zeigt sich darin, dass die aus demselben hergestellten Leitungen viel ruhiger sind, als die mit Eisendraht hergestellten. Ausser denjenigen Geräuschen nämlich, welche durch die Induction eines Telephon- oder Telegraphendrahtes auf einen anderen erzeugt werden, machen sich auf langen Linien noch andere bemerkbar, welche von tellurischen Ursachen herrühren. Jeder Draht befindet sich in dem magnetischen Felde der Erde, und wenn er in demselben durch starke Winde in vibrirende Bewegung versetzt wird, so werden in ihm Ströme inducirt. Diese treten besonders in Leitungen auf, welche die Richtung von Nord nach Süd verfolgen, und also die magnetischen Kraftlinien der Erde bei ihren Schwingungen unter rechtem

Winkel schneiden. Sie werden bei Eisendrähten stärker auftreten als bei Kupferdrähten, weil erstere sich selbst wie lineare Magnete verhalten und die Kraftlinien concentriren.

Es entstehen nun allerdings noch Geräusche durch Ströme anderer Art, welche auch bei den Kupferdrähten auftreten werden. Die beiden Enden des Drahtes sind zur Erde abgeleitet, es werden in der Regel die beiden Erdplatten nicht genau dasselbe elektrostatische Potential haben, besonders, wenn die beiden Punkte eine verschiedene Lage in Bezug auf die Höhe oder geognostische Beschaffenheit des Bodens haben. In Folge dessen entsteht dann in dem Drahte ein continuirlicher Strom, welcher an sich auf das Telephon keine Wirkung ausübt. Er kann nun aber intermittirend werden, z. B. durch den variabeln Widerstand einer Löthstelle, welche vom Winde bewegt wird, oder durch eine variable Isolirung, welche z. B. durch herabfallende Regentropfen momentan verändert werden kann. Diese intermittirenden Störungen, welche auf einer langen Linie sich sehr rasch wiederholen können, sind besonders bei feuchter Witterung sehr lästig. Wichtig ist der Umstand, dass das eine Ende des Drahtes ganz ruhig sein kann, während die andere Station so geräuschvoll ist, dass eine Correspondenz unmöglich ist. Diese Thatsache zeigt recht deutlich, dass man bei langen Leitungen nicht voraussetzen darf, es pflanze sich eine elektrische Störung in verschwindend kurzer Zeit über die ganze Linie fort. Eine solche Störung kann sich sogar blos auf einen Theil der Leitung beschränken und den übrigen nicht beeinflussen.

Es ist wichtig, dass der Draht möglichst gut *isolirt* sei. Man hat im Anfang sehr darin gefehlt, dass man hierauf wenig Gewicht gelegt hat. Auf

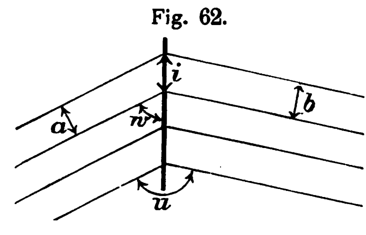
kleinen Distanzen, wie solche zu Anfang fast ausschliesslich zur Verwendung kamen, genügte allerdings auch eine weniger gute Isolation. Wie aber auf grössere Distanzen sich die Telephonnetze anfingen auszudehnen, machte man bald die Erfahrung, dass die Isolation eine ganz bedeutende Einwirkung auf die Uebertragung hat, und zwar nach zwei Seiten hin. Einmal tritt durch unvollständige Isolation Stromverlust und dadurch Schwächung der übertragenen Laute ein. Jeder Befestigungspunkt kann als eine mehr oder weniger gute Erdleitung angesehen werden. Ist die Isolirung gut, so ist der Zweigstrom in die Erde klein, ist sie schlecht, so wächst dieser, und da bei langen Linien mehrere hundert solcher Stützpunkte vorkommen können, so vermehrt sich die Ableitung mit der Länge der Leitung. Ein anderer Uebelstand liegt darin, dass da, wo mehrere Leitungen parallel nebeneinander an demselben Gestänge geführt werden, der abgeleitete Strom nicht nur von den Drähten in die Erde, sondern zum grösseren Theile auf die näheren Drähte übertritt und dadurch bewirkt, dass der Strom, der in dem einen Drahte fliesst, sich auch auf die anderen Drähte überpflanzt, und zwar in dem Maasse, als die Zahl der Stützpunkte, welche die Drähte zusammen gemein haben, wächst. Auf langen Linien kann es daher leicht vorkommen, dass dieser übertragene Strom stark genug wird, um die auf den anderen Drähten eingeschalteten Telephone zum Ansprechen zu bringen. Es tritt dann die sonderbare Erscheinung auf, dass auf allen Drähten gleichzeitig gehört wird, was auf dem einen derselben gesprochen wird. Dieselbe Erscheinung kann ausser durch Ableitung auch noch durch Induction erzeugt werden, womit wir uns aber erst später eingehender beschäftigen wollen.

Aus den oben auseinandergesetzten Gründen ist eine möglichst vollkommene Isolirung wünschenswerth, besonders, wenn die Drähte auf eisernen Gestellen befestigt werden, welche die Ueberleitung natürlich begünstigen. Zur Isolirung verwendet man allgemein Porzellanisolatoren, welche von der nämlichen Form sind, wie die für die Telegraphenleitungen benützten. Es empfiehlt sich, besonders für längere Leitungen, Doppelglocken zu verwenden. Was die Distanz betrifft, welche den einzelnen Isolatoren gegeben werden muss, so ist diese so zu bemessen, dass auch bei starkem Winde keine Verwickelungen der Drähte zu befürchten sind. Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei parallel geführten Drähten eine Distanz von 40 Centimeter genügt, sofern keine Löthstellen auf der Strecke liegen. Für kurze Spannweiten ist auch eine kleinere Entfernung der Drähte zulässig, für Distanzen unter 100 Meter kann man sich mit 30 Centimeter begnügen, für grössere Distanzen von über 200 Meter ist es dagegen rathsam, die Entfernung auf 50 Centimeter zu vergrössern. Dieselbe ist übrigens auch durch die Qualität des Drahtes bestimmt. Für Kupferdraht von 0·8 Millimeter Durchmesser kann sie bei kleinen Spannweiten bis auf 20 Centimeter eingeschränkt werden.

Nach der Distanz der Drähte richtet sich die Entfernung der Isolatoren. Die letztere ist überdies durch die Lage des Bockes zur Strangrichtung bestimmt. Wenn die Drähte in gerader Richtung über den Stützpunkt hinweglaufen, so ist es vortheilhaft, das Gestell immer senkrecht zu der Richtung der Drähte zu stellen, gleichviel, welche Richtung der Dachstuhl zu dieser Linie hat. Wenn der Bock nicht auf das Dach verschraubt,

sondern einfach auf dasselbe aufgesetzt wird, so bietet diese Stellung durchaus keine Schwierigkeit; sie erfordert blos eine entsprechende Construction des Bockfusses. Bei dieser Stellung senkrecht zur Strangrichtung werden die Dimensionen des Bockes die denkbar kleinsten, und auch die Stabilität desselben gewinnt dadurch. Wenn die Strangrichtung an dem Stützpunkte einen Winkel bildet, so kann man die Stellung des Bockes entweder nach seiner mechanischen Festigkeit oder nach der Distanz der Drähte zu beiden Seiten bestimmen. Will man den letzteren Standpunkt einnehmen und sollen die Drähte nach beiden Seiten die gleiche Distanz erhalten,

Fig. 62.



so muss natürlich der Bock in der Halbirungslinie des Winkels der beiden Strangrichtungen liegen. Will man aber die verschieden langen Spannweiten berücksichtigen und der grösseren Distanz auch eine grössere Drahtentfernung geben, so ist auf dem Wege der Rechnung die Lage zu bestimmen. Bezeichnet d die Distanz der Drähte untereinander und w den Winkel der Drähte zur Bockebene, so ist die Distanz der Isolatoren

$$i = \frac{d}{\sin w}$$

Ist nun der Winkel zweier Stränge u (Fig. 62), und die Distanz der Drähte auf der einen Seite a, auf der anderen Seite b, so wird die Gleichung zur Bestimmung des Winkels w der Bocklage $i = \frac{a}{\sin w} = \frac{b}{\sin (u-w)}$. Wenn die Strangwinkel u nicht wesentlich von zwei Rechten ab-

weichen, ist es meistens ausreichend, den Bock senkrecht zur längeren Distanz zu stellen.

Theilt sich der Strang an einem Punkte in mehrere Zweige, so muss man nach denselben Regeln die den verschiedenen Zweigen am besten sich anpassenden Stellungen finden.

Man könnte die Stellung auch ganz allein nach der günstigsten mechanischen Beanspruchung richten. Das würde aber keinen grossen Werth haben, weil die zufälligen Belastungen des Drahtes mit Schnee und Eis eine genaue Berechnung nicht zulassen. Zudem nimmt der Zug mit der Temperatur für die verschiedenen Distanzen ganz ungleichmässig zu, und man könnte daher die Berechnung nur für eine bestimmte Temperatur durchführen, welche aber für eine andere Temperatur gar nicht mehr passen würde.

Das Allerwichtigste beim Drahtziehen ist der Durchhang. Ein gespannter Draht bildet eine sogenannte Kettenlinie, wie jeder biegsame horizontal gespannte Faden. Die Form dieser Curve ist durch die Spannung und das Gewicht des Drahtes bestimmt. Bezeichnet man die Spannung desselben mit s, die Spannweite mit a, mit l die Länge des Drahtes zwischen zwei Stützpunkten, und endlich mit g das Gewicht der Länge eines Meters, dann besteht folgende Relation zwischen diesen verschiedenen Grössen

$$f = \frac{g\,a^2}{8\,s};\ l = a + \frac{8\,f^2}{3\,a}$$

Die Spannung vertheilt sich nicht gleichmässig über den ganzen Draht hin. Sie ist am kleinsten in der Mitte desselben. Bezeichnet s diese minimale Spannung, so ist an irgend einem anderen Punkte die Spannung gleich

diesem Minimum s, vermehrt um das Gewicht der Länge des Drahtes, welches der Lothhöhe f des betreffenden Punktes über dem tiefsten Punkt gleichkommt. Im Aufhängepunkt ist sie also am grössten und gleich

$$S = s + gf$$

Je grösser der Durchhang gemacht wird, um so kleiner wird bis zu einer bestimmten Grenze die Spannung. Dieses Minimum des Durchhanges erreicht man, wenn der Durchhang gleich $f = \frac{a}{\sqrt{8}}$. Wird der Durchhang noch grösser gemacht, so wächst in Folge des rasch wachsenden Gewichtes des Drahtes die Spannung wieder.

In der Praxis ist das Gewicht und die Länge gegeben. Was die Spannung betrifft, so kann dieselbe allen möglichen Schwankungen unterworfen sein. Da sie sich in empfindlichem Masse mit der Länge des Drahtes ändert, und diese von der Temperatur mitbestimmt wird, so ist auch die Spannung als Function der Temperatur zu betrachten. Man muss aber auch die elastischen Eigenschaften des Drahtes berücksichtigen. Eine Vergrösserung der Spannung bringt nach den Lehren der Elasticität eine Längenveränderung hervor, welche proportional der Spannung sein sollte. Die Temperatur dehnt den Draht aus, der Durchhang wird grösser und die Spannung kleiner. In Folge des letzteren Umstandes wird die elastische Ausdehnung kleiner und der Draht zieht sich etwas zusammen. Temperatur und Elasticität wirken also einander entgegen. Wenn man die Berechnung unter den Voraussetzungen durchführt, dass die Längenausdehnung proportional der Temperaturerhöhung und umgekehrt proportional der Spannung sei, so kann man zum Voraus bestimmen, welches der Durchhang eines

Drahtes von bestimmter Länge bei einer bestimmten Temperatur sein wird, wenn man einen zusammengehörigen Werth von Temperatur und Durchhang gemessen hat. Thut man das und vergleicht die Rechnungsresultate mit den Messungen, welche man an dem Drahte selbst bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt hat, so findet man, dass beide Bestimmungen gar nicht miteinander übereinstimmen. Bei kleinen Spannungen ist der Durchhang kleiner und bei grossen grösser als die Formel ergiebt. Das rührt daher, weil bei schwach gespannten Drähten die elastische Längenänderung sich viel weniger bemerkbar macht, als bei stark gespannten, besonders wenn die Drähte nicht gut gereckt sind, sondern Krümmungen besitzen, welche sich langsam strecken.

Der Draht wird nun aber nicht nur durch sein eigenes Gewicht beansprucht, auch zufällige Belastungen durch Schneedruck, Wind etc. spielen eine sehr wichtige Rolle. Man darf daher als normale Beanspruchung des Drahtes nie seine ganze mechanische Festigkeit, sondern nur ein Bruchtheil derselben der Berechnung zu Grunde legen. Gewöhnlich wählt man als zu beanspruchende Festigkeit ein Fünftel bis ein Achtel der wirklichen.

Für den Stahldraht mit 2 Millimeter Durchmesser und 440 Kilogramm Festigkeit hat sich eine Beanspruchung von 60 Kilogramm gut bewährt. Spannt man den Draht so, dass bei —25 Grad, der tiefsten Temperatur, welche im mittleren Europa zu befürchten ist, die Spannung 60 Kilogramm beträgt, dann hat man ein Reissen nur in ganz ausserordentlichen Verhältnissen zu befürchten. Die Durchhänge, welche man dem Drahte bei den verschiedenen Temperaturen geben muss, damit die

Spannung bei — 25 Grad die Beanspruchung von 60 Kilogramm nicht übersteigt, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Dabei ist die elastische Contraction, welche für verschiedene Drahtsorten ganz verschieden ist, nicht berücksichtigt. Die Durchhänge sind also etwas zu gross:

Spannweiten	− 25°	− 20°	− 15°	− 10°	− 5°	0	+ 5°	+ 10°	+ 15°	+ 20°	+ 25°
m	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*	*cm*
50	13	28	36	43	49	53	57	62	67	71	76
60	20	34	44	50	58	63	70	77	80	85	88
70	25	41	52	61	70	76	83	88	93	100	104
80	33	47	60	70	80	90	97	102	108	113	118
90	41	58	70	80	90	100	110	115	120	130	135
100	54	68	83	95	107	115	120	130	140	150	156
120	75	90	103	120	131	140	150	160	170	180	190
140	100	120	140	150	160	180	190	200	210	220	230
160	128	150	160	180	200	210	220	230	240	250	260
180	164	180	200	214	230	240	260	270	280	290	300
200	210	230	250	263	280	290	310	320	330	340	350
250	320	340	360	375	390	410	420	440	450	460	470
300	460	480	500	520	540	560	580	590	605	620	635
350	640	630	680	700	720	740	760	770	780	800	815
400	830	850	870	900	920	940	950	970	980	1100	1020
500	1280	1300	1320	1350	1370	1380	1400	1420	1440	1455	1470
600	1820	1850	1870	1890	1920	1940	1960	1990	2010	2040	2060
700	2510	2550	2570	2600	2640	2670	2700	2720	2750	2770	2800

Aus dieser Tabelle ersieht man, wie wichtig die genaue Einhaltung des Durchhanges ist, indem derselbe

sehr rasch mit der Spannung wächst. Für 500 Meter Spannung muss der Durchhang etwa hundertmal grösser sein als für 50 Meter. Wenn man also bei niedriger Temperatur eine lange Spannung ausführen will, muss man sich erst überlegen, ob auch bei hohen Temperaturen für den Durchhang genügend Platz vorhanden sei. Im Ferneren muss beachtet werden, dass die Grösse des Durchhanges bei den kurzen Spannungen mit der Temperatur sich viel rascher ändert, als bei grossen Spannungen. So wächst der Durchhang für eine Spannung von 50 Meter bei einer Temperaturerhöhung von —25 auf +25 Grad um das Sechsfache, bei einer Spannung von 500 Meter dagegen um blos 14 Procent. Wie der Durchhang, so ändert sich auch der Zug mit der Temperatur. Die umstehende Tabelle enthält die den verschiedenen Spannweiten und Temperaturen entsprechenden Spannungen.

Wenn aber die Belastung durch Schneedruck vergrössert wird, so wächst die Spannung sehr rasch. Die Schnee- und Eisablagerungen, welche sich auf einem einzelnen Drahte ansetzen können, bilden oft Cylinder von mehreren Centimetern Durchmesser. Das specifische Gewicht des Schnees beträgt 0·12 und des Eises 0·92. Man kann daher für das Gemisch beider, aus welchem gewöhnlich die Ablagerungen auf den Drähten bestehen, etwa 0·3 annehmen. Bei einem Stahldrahte von 2 Millimeter Durchmesser, dessen Dichte 7·2 ist, genügt eine Schicht von 3·58 Millimeter Dicke, um das Gewicht des Drahtes und also auch seine Spannung zu verdoppeln. In der folgenden Tabelle sind unter der Voraussetzung, dass die Dichte des angesetzten Gemisches 0·3 sei, zusammengehörige Werthe der Spannung ϱ des

Spannweiten	— 25°	— 20°	— 15°	— 10°	— 5°	0	+ 5°	+ 10°	+ 15°	+ 20°	+ 25°
m	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*
50	60	27·5	22 3	19·0	16·4	14·5	13·2	12·3	11·6	11 0	10·5
60	60	33·0	26 0	21·8	19·2	17·4	15·9	14 7	13 6	13·0	12·6
70	60	37·0	29·4	25·0	22 2	20·0	18 5	17·2	16·2	15·4	14·6
80	60	41·0	32·6	27 6	24·6	22·3	20 6	19·3	18·2	17·2	16 3
90	60	43 7	35·6	30·3	27·0	24·5	22·8	21·4	20 1	19·0	18·0
100	60	45·4	37·8	32·6	29·5	27 0	25·1	23 5	22·0	20·7	19·7
120	60	48 2	41·3	36 5	33·1	30 8	28·8	27 3	25·7	24·6	23·7
140	60	50·7	44·8	40·4	37 1	34·5	32·7	31 0	29 5	28·2	27·2
160	60	53·0	48·2	44·0	40·7	38 0	36·0	34·2	32 6	31·4	30·4
180	60	54·4	50·0	46·3	43·2	40·6	38·5	36·7	35·1	33 9	33·0
200	60	55 4	51·7	48 5	45·7	43·5	41·3	39·5	38·0	36·6	35·6
250	60	56·2	53·3	50·8	48 6	46·0	44 7	43·2	41·9	40·9	40·0
300	60	56 9	54 6	52·6	50·8	49·2	47·7	46·5	45 4	44·4	43·4
350	60	57·3	55·4	53·7	52 5	51·2	50 0	48·9	48·0	47·0	46·2
400	60	57 7	56 2	54·9	53 7	52·7	51·7	50·7	49·9	49 3	48·7
500	60	58·1	57 0	56 0	55 2	54·4	53·6	53·0	52·4	52·0	51·7
600	60	58 4	57·5	56 7	56·2	55·6	55·2	54·8	54·5	54·3	54 2
700	60	58·6	57·7	57 1	56·6	56·2	55·9	55 6	55·4	55·2	55·0

Drahtes und der Dichte der Eisschicht zusammengestellt.

Spannung d. Drahtes	ς	2 ς	3 ς	5 ς	10 ς	20 ς	40 ς
Dicke der Eisschicht	0	3·6	5·4	8·0	12·4	18·5	26·9
Durchm. d. Drahtes	2	9·2	12·8	18·0	26·9	39·0	55·9

Wenn gefährliche Belastungen vorauszusehen sind, so sucht man dieselben durch künstliche Mittel zu verhindern. Ist der Schnee nicht festgefroren, so kann derselbe durch kräftiges Anschlagen mit einem Stück Holz abge-

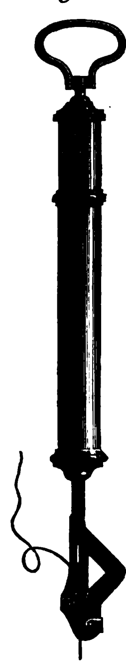
schüttelt werden. Gelingt das nicht, so sucht man durch Rollen, welche man über den Draht hin- und herführt, einen ähnlichen Zweck zu erreichen; wenn der Schnee festgefroren ist, so wird das Entlasten des Drahtes aber bedeutend schwieriger. Im Allgemeinen hat man die Erfahrung gemacht, dass unter gleichen Umständen am Kupferdraht sich grössere Eismassen absetzen, als an Stahl- oder Eisendrähten. Es hängt dies mit dem specifischen Verhalten dieser beiden Körper gegenüber der Wärme zusammen.

Gewöhnlich wird die Grösse des Durchhanges mit einer Messlatte bestimmt, welche man in der Höhe des Drahtes in dessen Mitte hält. Man visirt dann von dem einen Stützpunkte zum anderen über die Messlatte hinweg, und lässt den Draht so weit nach, bis er auf der Messlatte den verlangten Durchhang anzeigt. Oft ist es schwierig, diese Visur vorzunehmen, z. B. wenn die Spannung über einen Fluss oder eine Thalsenkung führt. Man kann in solchen Fällen den in Aussicht genommenen Durchhang an den beiden Böcken vom Befestigungspunkte des Drahtes aus vertical abwärts messen, und den Draht so spannen, dass sein Scheitel die Visurlinie der beiden Punkte berührt.

Es giebt noch ein anderes Verfahren, den Draht richtig zu spannen, welches darin besteht, statt des Durchhanges die Spannung zu messen und diese so zu bestimmen, dass sie dem in Aussicht genommenen Durchhange entspricht. Der Zug wird mit Hilfe eines Federdynamometers beobachtet. Dieses Instrument besteht aus einer starken Stahlfeder, welche in einer messingenen Hülse eingeschlossen ist. An der Stahlfeder ist ein Haken oder eine sogenannte Froschklemme befestigt, welche aus der Hülse herausreicht (Fig. 63). Je

nachdem der Haken mehr oder weniger herausgezogen wird, ist der auf die Stahlfeder ausgeübte Zug stärker oder schwächer und kann an einem Massstab, welcher auf dem Verbindungsstück zwischen Haken und Feder eingravirt ist, abgelesen werden. Der Draht wird um den Haken geschlungen und dann das Gehäuse an einem Ringe so lange rückwärts gezogen, bis die Eintheilung den verlangten Zug anzeigt; hierauf wird der Draht am Isolator festgebunden.

Fig. 63.



In Folge seiner hohen Elasticität erfordert der Telephondraht eine besonders sorgfältige Behandlung beim Auslegen, um jede Krümmung oder Beschädigung, welche seine Festigkeit vermindern könnte, zu vermeiden.

Die Verbindungsstellen sind alle gut zu verlöthen. Beim Kupferdraht zieht man die Verbindungsmuffe oft anderen Löthestellen vor. Gute Verbindungsstellen sind bei den Telephonleitungen besonders wichtig. Einmal sind die circulirenden Ströme so schwach, dass sie unvollständige Contacte nicht zu überwinden im Stande sind. Dann erzeugen schlechte Löthstellen bei Bewegung durch den Wind oder durch Anschlagen u. s. w. intermittirende Geräusche, welche die telephonische Correspondenz beeinträchtigen.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der am häufigsten beim Telephonbau verwendeten Drahtsorten mit den wichtigsten Eigenschaften derselben.

Tabelle der gebräuchlichsten Drahtsorten.

	Gewicht pro Kilometer in Kilogramm	Widerstand pro Kilometer in Ohm	Leitungsfähigk. *Cu* = 100	Tragfähigkeit in Kilogramm	Preis pro Kilometer Mark
Eisendraht 5 Millimeter .	155	6,5	12	780	40 —
„ 4 „ .	100	10	12	500	23.—
„ 3 „ .	56	18	12	300	13.—
Stahldraht 2 „ .	25	54	9	440	12.—
Kupferdraht 0·8 „ .	4,5	108	30	38	10.—
„ 1·2 „ .	10,9	42	32	80	30.—
„ 2 „ .	28	5,6	97	150	57.—

Das Singen der Drähte.

Ein lästiger Uebelstand ist das sogenannte Surren oder Singen der Drähte. Die Bedingungen, welche dasselbe hervorrufen, sind ziemlich complicirt. Bald erscheint es stärker bei schwachem Wind, bald umgekehrt. Es zeigt sich nicht bei vollständiger Ruhe, aber ebensowenig, wenn der Wind sehr stark weht. Auf langen Spannungen ertönt es stärker als auf kurzen. Ebenso ist es stärker auf stark gespannten Drähten als auf schwach gespannten. Es dringt auf zwei verschiedenen Wegen in die Häuser. Wenn das Surren recht stark ist, so kann der Bock und das ganze Dach in Schwingung gerathen, und diese Erschütterungen pflanzen sich dann bis in das Innere des Hauses fort. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese Fortpflanzung leichter möglich ist, wenn das Gestell in Stein befestigt ist als in Holz, wahrscheinlich, weil die Vibrationen im Holz keinen ganz

festen Anhaltspunkt finden, sondern durch dasselbe gedämpft werden. Noch besser ist es, wenn die Gestelle nicht am Hause selbst befestigt sind, sondern ohne directe Verbindung einfach auf dasselbe gesetzt werden, und von der Dachunterlage durch Bleiblech, Asphalt, Schlackenwollenkissen oder andere den Ton schlecht leitenden Substanzen getrennt sind.

Während die directe Ueberleitung auf das Gebäude selbst immer mehr oder weniger gedämpft werden kann, werden die von dem singenden Drahte selbst ausgehenden Luftwellen direct durch die Kamine oder anderen Oeffnungen in das Innere des Hauses getragen. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, muss man suchen nicht nur das Vibriren der Gestelle, sondern das Singen des Drahtes selbst zu verhindern.

Worin besteht dieses Singen?

Der Draht, wie er in der Luft ausgespannt ist, repräsentirt eine Saite, welche mit einem bestimmten Zug mehr oder weniger stark gespannt ist. Die Befestigungspunkte an den Isolatoren sind die Endpunkte derselben. Eine solche Saite kann nun zweierlei Bewegungen ausführen, entweder einfache fortschreitende Schwingungen oder stehende Schwingungen.

Wenn man mit einem Stock einen Draht anschlägt, so entsteht eine Welle, welche sich mehrmals über den ganzen Draht hin- und herbewegt, dabei immer schwächer werdend, bis sie zuletzt ganz erlischt. Diese Schwingungen sind nicht gefährlich, da sie meistens rasch erlöschen und zu langsam verlaufen, um einen hörbaren Ton zu erzeugen. Von wesentlich anderer Bedeutung sind aber die stehenden Wellen, bei denen der ganze Draht in einen stationären schwingenden Zustand kommt. Eine solche Bewegung

führt z. B. eine Violinsaite aus, so lange der Bogen über sie hinweggeführt wird. Jedes einzelne Theilchen der Saite schwingt dann in continuirlicher Weise, indem es um seine Gleichgewichtslage eine hin- und hergehende Bewegung ausführt. Damit eine solche stationäre Bewegung möglich sei, muss wie bei der Violinsaite eine constant und gleichmässig wirkende undulirende Kraft vorhanden sein. Eine solche Kraft entsteht nun, wenn ein schwacher, aber gleichmässig starker Wind bläst. Der Draht wird dann durch den Wind aus seiner Gleichgewichtslage herausgedrängt, so weit, bis seine Elasticität die Kraft des Windes überwältigt. Dann springt der Draht wieder in seine Gleichgewichtslage zurück, aber mit ungleicher Geschwindigkeit, denn seine Spannung ist nicht überall gleich gross, sondern an den Befestigungspunkten grösser als in der Mitte. (Siehe Seite 114.) Es ist also kein eigentlicher Gleichgewichtszustand möglich, und in Folge dessen entstehen dann die continuirlichen Schwingungen, als deren Ursachen die constant wirkende Zugkraft des Windes und die ungleich wirkende Elasticität des Drahtes zu betrachten sind. Diese Schwingungen folgen natürlich ganz denselben Gesetzen, wie die Schwingungen der Saiten im Allgemeinen.

Bei einer stehenden schwingenden Bewegung giebt es sogenannte Bäuche und Knoten. Die letzteren sind diejenigen Punkte, welche während der Bewegung ganz in Ruhe bleiben, die ersteren dagegen diejenigen, welche die grösste Bewegung ausführen. Diese Punkte sind alle gleichweit von einander entfernt, und ihre Entfernung, die Wellenlänge c, ist durch die Spannung P im Drahte bestimmt. Es hat für uns Interesse zu wissen, wie lang die Wellen sind. Wenn wir nämlich diejenigen Punkte,

welche die Bäuche der Bewegung darstellen, verhindern, mitzuschwingen, so können wir dadurch die ganze Wellenbewegung dämpfen. Die Formeln, welche die Beziehung zwischen den verschiedenen Grössen darstellen, sind die folgenden.

$$c = \sqrt{\frac{g\,P}{q\,s}}, \quad T = \frac{n\,.\,c}{2\,l}$$

Hier ist $g = 9{\cdot}81\,m$ die Beschleunigung der Schwere, q der Querschnitt und s die Dichte des Drahtes, l seine Länge und T die Zeit einer Schwingung.

Nun ist für Stahldraht mit einem Durchmesser von 2 Millimeter der Querschnitt 0·00000314 m^2, die Dichte $s = 7{\cdot}80$.

Daraus lässt sich folgende kleine Tabelle der Wellenlänge c in Metern für verschiedene Spannungen P berechnen, mit deren Hilfe man sich in jedem speciellen Falle ein ungefähres Bild davon machen kann, wo die ersten Knoten liegen, welche gedämpft werden müssen, um das Singen zu beseitigen.

P =	20	40	60	80	100 Kg.
$T = \frac{1}{100}$ Sec.	0·00707	0·00500	0·00409	0 00353	0·00316
$\frac{1}{200}$	0·00353	0·00250	0 00204	0 00176	0·00158
$\frac{1}{300}$	0 00236	0·00167	0 00136	0 00118	0·00105
$\frac{1}{400}$	0 00177	0 00125	0 00102	0 00088	0 60079
$\frac{1}{800}$	0·00088	0 00062	0·00051	0 00044	0 00039

Man hat verschiedene künstliche Mittel angewendet, um die Bäuche der Drahtschwingungen in Ruhe zu halten. Ein einfaches Mittel besteht darin, den Draht zwischen hölzerne Kugeln oder Cylinder mit Filzeinlage zu pressen. Für kurze Zeit ist dieses Mittel wirksam, aber das Holz zieht sich unter den Witterungseinflüssen so stark, dass nach wenigen Monaten der grösste Theil der Wirksamkeit verloren geht. Durch die Vibrationen werden die gelockerten Kugeln auf dem Drahte bewegt und vertheilen sich über die ganze Länge desselben hin, wodurch ein sehr merkwürdiger Anblick entsteht. Besser bewährt hat sich das Umwickeln mit Bleidraht von 5 Millimeter Durchmesser in einer Spirale von circa 50 Millimeter Länge.

Diese Vorrichtungen, welche auf dem Drahte selbst angebracht werden, haben einen grossen Nachtheil. Die Stellen, welche mit dem Dämpfungsmaterial bedeckt sind, rosten sehr leicht, da jene Materialien die Feuchtigkeit zurückhalten, und bieten daher eine Gefahr für das Zerreissen des Drahtes. Dieser Nachtheil wird bei der nachfolgend beschriebenen Dämpfungsmethode umgangen. Der Draht wird ebenfalls verhindert, Schwingungen auszuführen, wenn sein Befestigungspunkt beweglich gemacht wird, so dass dieser die im Draht entstehenden Zugdifferenzen absorbirt. Wenn man z. B. eine Violinsaite statt fest um einen Zapfen zu wickeln, mit einem Gummibande an denselben befestigen würde, so wäre es unmöglich, die Saite in kräftige Vibrationen zu versetzen. Um einen ähnlichen Effect bei den Telephondrähten zu erzeugen, werden dieselben nicht direct um den Isolator gewickelt, sondern auf diesen wird zuerst ein Kautschuk- oder Filzband geschoben, welches even-

tuell mit einem Blechring zu schützen ist und erst auf dieses wird dann der Draht befestigt. Auch diese Methode ist im Stande, die Schwingungen zu dämpfen, so lange das Material wirksam bleibt. Aber der Kautschuk wird kaum ein Jahr aushalten, ohne durch die Witterungseinflüsse den grössten Theil seiner Elasticität einzubüssen. Ebenso wird der Filz ziemlich rasch zerstört. Auf demselben Princip beruht der Kettendämpfer (Fig. 64). Derselbe besteht im Wesentlichen aus einer Kette, welche an ihren beiden Enden zwei Porzellanrollen trägt. Diese

Fig. 64.

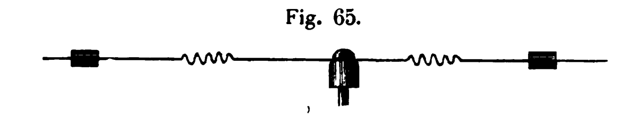


Kette wird am Gestell, respective am bezüglichen Isolator, an Stelle des Drahtes befestigt. Sie ist etwa 1 Meter lang. Der Draht wird entzweigeschnitten und die beiden Enden um die Porzellanrollen auf dieselbe Art befestigt, wie sonst an den Isolatoren. Um dann die beiden Drahtstücke elektrisch zu verbinden, muss ein besonderer Leitungsdraht von der einen Rolle zur anderen führen. Der Kettendämpfer ist wahrscheinlich der wirksamste Dämpfer, aber seine Montirung und Unterhaltung etwas umständlich. Ein anderes ähnliches Mittel verwendet statt der Kette eine spiralförmige Stahlfeder (Fig. 65), welche am Isolator befestigt wird, und mit deren Enden die beiden

Drahtstücke verbunden werden. Hier ist eine besondere elektrische Verbindung nicht nöthig, da die Stahlfeder dieselbe bildet.

Die Beseitigung des Singens ist eine sehr wichtige Aufgabe, da dadurch sehr oft das Verbleiben eines Stützpunktes bedingt wird. Gewöhnlich kann schon bei der Anlage der Linie auf die Vermeidung desselben Rücksicht genommen werden. Vor Allem muss gesucht werden, die Drahtspannungen so klein als möglich zu machen. Der leichte Draht macht weniger Geräusch als der schwere. In Folge der Elasticitätsverhältnisse ist der Kupferdraht günstiger als der Stahldraht.

Fig. 65.



Induction.

Wenn ein einzelner Draht eine selbständige Linie bildet, so genügt vollkommene Isolation desselben durch gute Isolatoren und Fernhalten einer jeden Berührung mit fremden Gegenständen, um ihn gegen äussere Einflüsse vollständig zu schützen. Eine solche Leitung gestattet das Telephoniren auf sehr weite Distanzen, besonders wenn Kupferdraht verwendet wird. Diese Verhältnisse hören auf, sobald nicht ein einziger Draht die Linie bildet, sondern eine grössere Zahl derselben dasselbe Gestänge benützt, wie es bei der Telephonie gewöhnlich der Fall ist. Dann tritt die merkwürdige Erscheinung auf, dass man auf allen dieselbe Richtung verfolgenden Drähten genau ebenso gut an den ein-

geschalteten Apparaten versteht, was auf einem bestimmten Drahte gesprochen wird, wie auf diesem selbst. Dieser auf der elektrodynamischen Induction beruhenden Thatsache liegen genau dieselben Gesetze zu Grunde, welche in der Mikrophonspule zur Anwendung kommen, um den Batteriestrom in einen Inductionsstrom umzusetzen. Die erzeugten Stromwellen sind daher den ursprünglichen Stromschwankungen proportional. Da diese letzteren aus Sinuswellen zusammengesetzt sind, so stellt der erzeugte Strom wiederum eine solche dar, nur mit einer Phasenverschiebung von einer halben Wellenlänge, wie wir auf Seite 51 hervorgehoben haben. Da die Empfindungen des Ohres von der Phase unabhängig sind, so erhält man auf diesem Wege eine getreue Uebertragung. Die Amplituden sind dabei allerdings geschwächt; wenn aber die Drähte auf eine sehr grosse Distanz parallel nebeneinander hinlaufen, so werden sie dennoch erhebliche Werthe erhalten.

Eine solche Telephonlinie wäre nun natürlich unbrauchbar, da es unmöglich wäre, mehr als einen Draht gleichzeitig zu benützen. Man hat verschiedene Mittel probirt, um die Induction zu beseitigen oder wenigstens abzuschwächen. Der einfachste Weg scheint darin zu liegen, die Drähte so weit auseinanderzulegen, dass eine Einwirkung nicht mehr zu befürchten ist. Die Erfahrung hat aber sogleich gezeigt, dass man auf diesem Wege zu keinem Ziele gelangt. Selbst wenn die Drähte auf besonderen Gestängen 10, ja 50 Meter auseinander geführt werden, ist noch Induction möglich, wenn nur die Strecke, auf welcher sie parallel geführt werden, lang genug ist. Zu demselben Resultate

kommt man, wenn man diese Erscheinung auf dem Wege der Rechnung verfolgt. Es sei die Länge der beiden parallel laufenden Drähte L, der Abstand derselben r. Durchläuft eine Stromwelle j den einen Draht, so wird in dem zweiten Drahte eine Stromwelle inducirt, deren elektromotorische Kraft

$$E = -2L\left(ln\frac{2L}{r} - 0{\cdot}75\right)j$$

und deren Intensität

$$i = -\frac{2L}{wL}\left(ln\frac{2L}{r} - 0{\cdot}75\right)j$$

wo w den specifischen Leitungswiderstand des Drahtes bedeutet. Gewöhnlich sind in die Drähte Telephonapparate eingeschaltet, seien es die Elektromagnete der Glocken und der Fallklappen der Centralstation oder die Inductionsspulen der Telephone und Mikrophone. Der Widerstand ist dann $W + Lw$ und die inducirte Stromstärke

$$i = -\frac{2L}{W + wL}\left(ln\frac{2L}{r} - 0.75\right)j$$

Wie aus diesem Ausdruck hervorgeht, könnte der Inductionsstrom nur dann verschwinden, wenn $ln\frac{2L}{r} = 0{\cdot}75$ was praktisch unmöglich ist. Es geht aus diesem Ausdruck hervor, dass durch mässige Veränderung der Distanz bei längeren Linien so gut wie keine Wirkung erzielt werden kann. Um diese wichtige Thatsache möglichst klar zu machen, habe ich eine kleine Tabelle entworfen, welche die Werthe von $\left(ln\frac{2L}{r} - 0{\cdot}75\right)$ enthält für $L = 100$ Meter, $L = 1000$ Meter und $L = 10.000$ Meter und die Distanzen $r = 0{\cdot}1'$, $0{\cdot}2$, $0{\cdot}3$, $0{\cdot}4$, $0{\cdot}5$,

1 Meter. Die letzteren überholen die in der Praxis brauchbaren Fälle (0·2—0·4) weit.

L =	100 Meter	1000 Meter	10.000 Meter
r = 0·1	6·84	9·83	12·82
0·2	6·15	9·14	12·13
0·3	5·74	8·73	11·72
0·4	5·49	8·48	11·47
0·5	5·23	8·22	11·21
1·0	4·56	7·55	10·54

Wenn also die Distanz um das Zehnfache wächst, verändert jener Ausdruck seinen Werth bei 100 Meter Länge um blos 33 Procent, bei 1000 Meter um 23 Procent und bei 10.000 Meter um 18 Procent.

Während es unmöglich ist, mit Hilfe des zweiten Factors die Induction klein zu machen, scheint das eher möglich durch den ersten, indem man die Widerstände, welche in die Linie eingeschaltet werden, möglichst gross macht. Diesen Weg hat man in der Weise betreten, dass man sehr mächtige Inductionsspulen für das Mikrophon verwendete. Dadurch werden aber die Apparate sehr kostspielig, auch ist das Resultat ein zweifelhaftes, indem durch den grossen Widerstand die Stromstärke entsprechend geschwächt wird und auch die Genauigkeit der Reproduction gefährdet erscheint, da zu mächtige Spulen die Stromwellen retardiren.

Man hat noch verschiedene andere Mittel probirt, um denselben Zweck auf eine einfache Weise zu erreichen. Preece hat vorgeschlagen, die Lage der verschiedenen Drähte von Stange zu Stange zu ändern. Da die Entfernung derselben von einander nur einen kleinen Einfluss auf die Induction hat, so muss natürlich dieses Mittel fehlschlagen. Ein anderes vorgeschlagenes Mittel

besteht darin, neben den Telephondrähten einen dicken Kupferdraht zu ziehen und diesen an beiden Enden zur Erde abzuleiten. Dieser Draht wirkt in doppelter Weise. Einmal verhindert er die Ueberleitung, indem die Zweigströme von demselben, weil von kleinerem Widerstande, aufgenommen und verhindert werden, auf die übrigen Telephondrähte überzutreten. Dann aber wirkt er noch antiinductorisch. Es entstehen in demselben Inductionsströme, welche, entsprechend dem kleineren Widerstande, erheblich grösser sind als die in den anderen Drähten inducirten Ströme. Es wirken daher auf einen dritten Draht inducirend erstens der ursprüngliche Telephonstrom, dann aber zugleich in entgegengesetzter Richtung der inducirte Strom im Kupferdraht, so dass nur eine Differenzwirkung entsteht. Diese Methode ist kostspielig, erfordert eine sehr vollkommene Isolation der Drähte und kann die Induction nur schwächen, nicht aber beseitigen. Sie ist daher bis jetzt für Luftlinien nur selten angewendet worden, dagegen sehr häufig bei Kabeln, wovon wir später noch sprechen werden. Der Grund, warum sie bei den Kabeln bessere Resultate giebt, liegt in dem Umstande, dass bei diesen die Bedingung der guten Isolation immer besser erfüllt ist als bei den Luftlinien.

Eine dritte von Hughes angegebene Methode sucht die Induction auf der Linie durch eine künstlich erzeugte Gegeninduction zu compensiren. In die beiden parallel nebeneinander hinlaufenden Drähte werden Inductionsspulen eingeschaltet, welche gegenseitig inducirend aufeinanderwirken, und welche so verbunden sind, dass die Induction der Spule und die Induction der Linie entgegengesetzt gerichtet sind. Diese Methode hat zwei

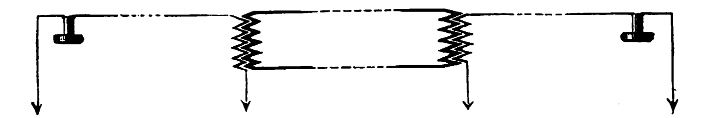
Nachtheile. Erstens ist sie nur auf wenige Drähte, etwa zwei oder drei, beschränkt, bei einer grösseren Zahl würden zu viele Inductionsspulen nöthig. Andererseits wird durch diese Spulen die Uebertragung verschlechtert, besonders wenn mehrere Spulen auf einem Draht nöthig sind.

Als praktisch und wirksam hat sich nur die Methode gezeigt, welche zwei Drähte für eine Leitung benützt, und dieselben unter Ausschluss einer Erdleitung zu einer Schlaufe vereinigt. Sind drei Drähte vorhanden, z. B. ein Kopfdraht und auf jeder Seite der Stange in gleichem Abstand ein weiterer Draht, so wird ein im Kopfdraht fliessender Strom in jedem der anderen Drähte einen Inductionsstrom von gleicher Intensität und gleicher Richtung erzeugen. Wenn daher diese beiden Drähte zu einer Schlaufe verbunden werden, so heben sich die in demselben inducirten Ströme auf, die im Kopfdraht circulirenden elektrischen Ströme haben keinen Einfluss auf die Schlaufe. Aber auch die Schlaufe vermag im obersten Draht keinen Strom zu induciren, da in den beiden Drähten derselben die Ströme entgegengesetzte Richtung haben und daher ihre inducirenden Wirkungen nach aussen sich gegenseittg compensiren. Immerhin muss bemerkt werden, dass dabei Voraussetzungen gemacht werden, welche in der Praxis nicht genau eintreffen. Es wird vorausgesetzt, dass der in den beiden Schlaufendrähten inducirte Strom genau die gleiche Intensität habe, und zwar ist nöthig, dass der Strom in nebeneinander liegenden Theilen beider Drähte gleich ist. Die Isolation muss daher über die ganze Länge der Leitung möglichst gleichmässig sein. Sie muss aber auch so vollkommen als möglich sein. Ausserdem dass durch schlechte Isolirung der Strom geschwächt

wird, tritt er von dem einen Draht auf den benachbarten über und stört dadurch das Gleichgewicht ebenfalls. Es ist aber äusserst schwierig in der Praxis Luftlinien zu bauen und zu unterhalten, welche auch bei schlechtem Wetter diese Bedingungen erfüllen. Ein ausgiebiger Gebrauch von Schlaufenlinien wird in Deutschland und England gemacht.

Ein wichtiger Nachtheil entsteht bei der Verwendung von Schlaufen dadurch, dass man genöthigt ist, dieselbe mit den einfachen Abonnentenleitungen des Netzes zu verbinden. Diese Verbindung wird allgemein nach der von Benett (Fig. 66) angegebenen Methode ausgeführt,

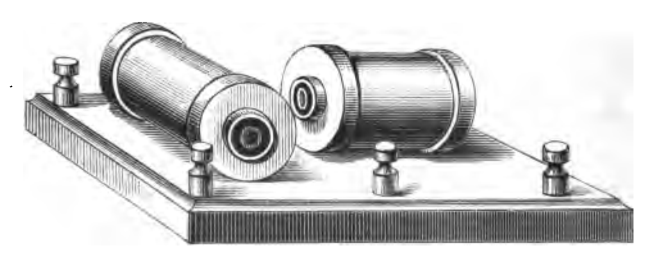
Fig. 66.



indem man eine Inductionsspule zur Uebertragung von der Schlaufe auf den einfachen Draht benützt. Die Spule besteht aus zwei Drähten, welche parallel nebeneinander auf einem Eisenkern aufgewickelt werden. Gewöhnlich nimmt man für den Schlaufendraht mit grösserem Widerstand einen dünneren, für den Localdraht einen etwas dickeren Draht, so dass deren Widerstände ungefähr im Verhältnisse der äusseren zu überwindenden Drahtlängen stehen. Die Construction dieser Spule ist nun ein ziemlich difficiles Problem. Sie hat zwei Bedingungen zu erfüllen; einmal soll sie einen möglichst grossen Nutzeffect bei der Uebersetzung geben, andererseits soll aber auch die telephonische Uebertragung möglichst wenig

geschädigt werden. Das sind nun wieder zwei Bedingungen, welche in einem gewissen Sinne einander widersprechen. Es hat an Hand der neueren Forschungen keine grossen Schwierigkeiten, Transformationsspulen zu construiren, welche 90 Procent Nutzeffect geben. Aber diese Apparate verwenden eine grosse Menge von Eisen, welches in Folge der Trägheit der magnetischen Moleküle immer die Tendenz hat, die Wellen zu retardiren, und dadurch eine Verschlechterung der Uebertragung hervorzurufen. Durch Wahl geeigneten Materials, nament-

Fig. 67.



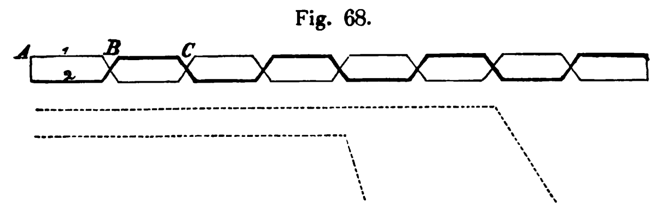
lich gut ausgeglühten weichen Eisendrahtes für den Eisenkern,' wirksame Form desselben und zweckmässige Bewickelung kann die Wirkung der Spule erheblich verbessert und verstärkt werden.

Gute Resultate giebt der Translator von Rysselberghe (Fig. 67). Derselbe besteht aus zwei verschiedenen Spulen, entsprechend den zwei Drähten, welche die Schlaufe bilden. Der Eisenkern wird aus einem geschlitzten Eisencylinder von $1^1/_2$ Millimeter Dicke und 13 Millimeter Durchmesser gebildet. Auf diesem sind die beiden Drähte gewickelt. Die mit einem Schlaufendraht zu verbindende Wickelung hat einen Widerstand

von 200 und der andere von 600 Ohm. Nach Elsasser wird die Wirkung der beiden Spulen im Verhältniss von 1 : 1·7 vergrössert, wenn die Pole derselben durch Anker miteinander verbunden werden.

Natürlich ist bei diesen Uebertragungen immer ein Energieverlust, d. h. eine Schwächung des Tones mit in den Kauf zu nehmen. Mindestens ebenso gefährlich ist aber auch die Deformation, welche um so fühlbarer wird, da sie sich mehrmals wiederholt: nämlich im Mikrophon des Senders, in der Uebersetzung in die Schlaufe, und bei der Uebertragung in die einfache Abonnentenleitung am Ende derselben. Immerhin ist die Schlaufe das

Fig. 68.



einzige bekannte Mittel, um mehr als eine Leitung am gleichen Gestänge auf langen Linien zu führen. Man kann dazu auch das Telegraphengestänge benützen, ohne einen nachtheiligen Einfluss der Telegraphirströme befürchten zu müssen, wenn alle Drähte gut isolirt sind. Man muss nur dafür sorgen, dass die einzelnen Drähte einer Schlaufe von den Telegraphendrähten gleich stark inducirt werden, in welchem Falle sich die Inductionsströme gegenseitig compensiren. Das lässt sich immer dadurch erreichen, dass die Drähte von Zeit zu Zeit ihren Platz am Gestänge vertauschen. Ist nur ein Telegraphendraht vorhanden, so muss in der Mitte der Linie der Platzwechsel stattfinden. Auf der Strecke *AB* der Fig. 68

wird der Draht 1 stärker inducirt, auf der Strecke *BC* der Draht 2. Die resultirenden Inductionsströme sind daher für beide Drähte gleich und compensiren einander vollständig. Sind mehrere Telegraphendrähte vorhanden, so muss für jede Section die Vertauschung vorgenommen werden. In der Figur 68 stellen die ausgezogenen Linien zwei Telephondrähte, die punktirten Linien zwei Telegraphendrähte vor.

b) Kabel.

In den grossen Städten häuft sich die Zahl der Drähte in einem solchen Masse, dass nothwendigerweise zu unterirdischen Leitungen geschritten werden muss. Die Vortheile und Nachtheile der oberirdischen und unterirdischen Leitungen lassen sich von verschiedenen Standpunkten aus beurtheilen, und führen dementsprechend zu theilweise einander widersprechenden Resultaten. Bei den grossen Telephonnetzen handelt es sich aber gewöhnlich nicht um ein Mehr oder Weniger von Vortheilen und Nachtheilen, sondern die Nothwendigkeit der Kabel drängt sich mit einer solchen Nothwendigkeit auf, dass blos noch die technische Ausführbarkeit in Betracht zu ziehen ist. Die erste Schwierigkeit, welcher man begegnet, wenn man Kabel zur Telephonie verwenden will, liegt in der Induction.

Wie schon oben bemerkt, tritt dieselbe immer auf, wenn zwei Drähte eine gewisse Strecke nebeneinander parallel hinlaufen. Wenn nun wie bei einem Kabel die Entfernung der einzelnen Drähte sehr klein ist, so wird sich diese Wirkung in erhöhtem Masse geltend machen. Sie ist in der That so stark, dass man in kurzen Stücken von 30 bis 50 Meter dieselbe sehr deutlich beobachten kann, und sie macht die Verwendung gewöhnlicher

Kabel zum Telephoniren daher unmöglich. Man könnte nun allerdings zur Vermeidung der Induction die Methode anwenden, welche auch bei oberirdischen Leitungen benutzt wird, indem man zwei Drähte zu einer Leitung verbindet. Diese Methode wird in dem Telephonnetz von Paris verwendet, welches ganz mit Kabeln angelegt ist. Jede Leitung besteht aus zwei Drähten, welche, um eine symmetrische Form gegenüber den anderen Drähten des Kabels zu erreichen, spiralförmig umeinander tordirt sind. Solche aus einer Doppelspirale gebildeten Leitungen können in beliebiger Zahl zu einem Kabel combinirt werden, ohne Induction befürchten zu müssen.

Ursprünglich wurden diese Kabel von Borel in Cortaillod so hergestellt, dass jede Ader mit einem Bleimantel umgeben wurde, welcher als Rückleitung diente. Diese letztere Methode ist theoretisch noch besser als die erstere, da dadurch die Wirkung nach aussen gerade so ist, wie wenn der Strom in der Ader selbst hin und her flösse; es findet daher eine vollkommene Compensation statt. Wegen der einfacheren Fabrikation hat man sich mit zwei tordirten Drähten begnügt, welche praktisch dasselbe Resultat liefern. Die Verwendung einer separirten metallischen Rückleitung hat aber einen grossen Nachtheil; da für jede Leitung zwei Drähte nöthig sind, so wird die Anlage sehr vertheuert. Es ist selbstverständlich, dass auch die Zuleitungen zu den Apparaten und die Leitungen in den Centralstationen aus zwei Drähten bestehen müssen, wodurch sowohl die Apparate selbst, wie ihre Manipulation complicirter werden.

Sollen solche Leitungen an lange oberirdische Linien angeschlossen werden, so müssen auch diese doppelt angelegt werden. Wenn man das vermeiden will, muss

man in jede Leitung eine Transformationsspule einschalten, was wiederum die auf Seite 133 auseinandergesetzten Nachtheile mit sich bringt. In der Praxis stösst daher dieses System auf eine ganze Menge von Schwierigkeiten, in welcher die Ursache gesucht werden muss, warum das Netz von Paris sich nicht auf die umliegenden Städte Versailles u. s. w. ausdehnen kann.

Es ist nun neuerdings gelungen, Kabel zu construiren, welche auch nur bei einem Drahte keine Induction von der einen Ader auf die benachbarte zeigen. Die Schwächung derselben geschieht hier nach demselben Principe, wie bei den Kabeln mit Doppelleitung. Da aber keine Rückleitung vorhanden ist, welche die Wirkung der Hauptleitung auf eine dritte Leitung aufheben könnte, so erzeugt man einen Compensationsstrom auf andere Weise. Man umwickelt die Isolirungsschicht eines jeden Drahtes mit einem dünnen Band von Stanniol oder Kupferblech; es entsteht dann in diesem ein Inductionsstrom, welcher die entgegengesetzte Richtung wie der ursprüngliche Strom hat, so dass auf einen dritten Draht nur die Differenz beider zur Geltung kommt. Da aber dieser dritte Draht wiederum von einer Metallhülle umwickelt ist, so wiederholt sich die Differenzirung nochmals, und es kann sich nur eine vielfach geschwächte Induction auf der anderen Ader geltend machen. Durch richtige Abmessung des Widerstandes und der Capacität der Metallhüllen der einzelnen Adern lässt sich leicht erreichen, dass der resultirende Inductionsstrom in jeder Ader beliebig klein, und so das Kabel vollständig inductionsfrei wird.

Eine andere Methode inductionsfreie Kabel herzustellen, welche aber wesentlich auf dasselbe hinaus-

kommt, besteht darin, in das Kabel einen oder mehrere Drähte von erheblich grösserem Querschnitt als die Sprechadern einzuziehen, und diese an beiden Seiten zur Erde abzuleiten. Eine in irgend einer Ader des Kabels circulirende Stromwelle inducirt dann in diesem Erddraht einen Strom, welcher eine erheblich grössere Intensität hat, als diejenigen Ströme, welche in den anderen Adern des Kabels inducirt werden, und zwar in Folge des viel kleineren Widerstandes dieses Drahtes. Es kommt also auch hier wieder eine Differenzwirkung zwischen dem ursprünglichen und dem im dicken Drahte inducirten Strome zu Stande. Gewöhnlich werden beide Methoden der Schutzhüllen und der Erddrähte vereinigt.

Wir führen drei verschiedene Typen von inductionsfreien Kabeln auf.

1. Das Kabel von Felten und Guilleaume enthält gewöhnlich 27 Adern. Jede einzelne Ader, von 0·7 Millimeter Durchmesser, ist mit einem Baumwollgespinnst umhüllt, welches mit einer eigenthümlichen Isolirmasse imprägnirt ist. Dieses Gespinnst wird mit einem dünnen Stanniolband umwickelt; die von diesen Bändern gebildeten Metallhüllen stehen in Berührung mit den drei Erddrähten, welche in das Kabel eingezogen sind und welche einen Durchmesser von circa 1 Millimeter haben. Das ganze Leitersystem ist in ein doppeltes Bleirohr eingeschlossen, welches hauptsächlich den Zweck hat, die Isolirmasse vor Feuchtigkeit zu schützen. Daneben dient dasselbe als Erdleitung und wirkt wie ein Erddraht ebenfalls antiinductorisch. Ein solches Kabel hat einen Durchmesser von 17 Millimeter und ein Gewicht von 0·75 Kilogramm pro laufenden Meter. Die Capacität pro Meter ist circa 2·4 Mikrofarad.

2. Eine andere Sorte von Kabeln werden von Siemens und Halske in Berlin fabricirt. Diese haben gewöhnlich 7 Adern. Der Kupferdraht hat einen Durchmesser von 1 Millimeter und ist mit einem Gespinnst von imprägnirtem Hanf umflochten. Jede Ader ist mit einem Kupferband von 0·1 Millimeter Dicke und 4 Millimeter Breite umwickelt. Auch diese Kabel werden in ein Bleirohr eingeschlossen.

3. Besonders bemerkenswerth ist endlich noch das Kabel von Patterson (Fig. 69). Dasselbe enthält gewöhnlich 20, 50, oft aber auch mehr, bis 100 Drähte. Das Kabel mit 50 Drähten ist 20 Millimeter dick und

Fig. 69.



enthält in der Mitte einen Kupferdraht von 3 Millimeter Durchmesser, welcher als Erddraht dient. Das ganze Kabel ist mit einem Bleiband umwickelt; dagegen sind die einzelnen Adern nicht mit einer Metallhülle umgeben. Die Erfahrung hat gezeigt, was sich allerdings auch hätte voraussehen lassen, dass, gerade wie bei den oberirdischen Leitungen, die Induction um so schwächer auftritt, je mehr Adern in einem Kabel vereinigt sind. Denn jeder der einzelnen Drähte übernimmt einen Theil der Function der Schutzhülle, mit der man die Adern umgeben muss, wenn es sich nur um eine beschränkte Zahl von Leitungen handelt.

Als man nun versuchte, diese inductionsfreien Kabel im Grossen in den Telephonnetzen zu verwenden, zeigte sich sofort, dass dieselben einen ganz wesentlichen

Einfluss auf die Uebertragung ausüben, indem die letztere dadurch verschlechtert wird. Es ist diese Erscheinung zum Voraus zu erwarten nach dem, was wir schon auf Seite 107 über die Fortpflanzung der elektrischen Wellen in Drähten gesagt haben. Wie dort gezeigt wird, ist die Schnelligkeit der Uebertragung durch die elektrostatische Capacität der Leitung bestimmt. Schon die Differenz der Durchmesser eines gleich gut leitenden Eisen- und Kupferdrahtes bewirkt, dass die Leistungsfähigkeit des letzteren merkbar grösser ist als diejenige des Eisendrahtes. Nun ist aber die Capacität der Kabeladern viel grösser als diejenige der oberirdisch in der Luft gespannten Drähte, und daher auch eine entsprechende Verminderung der Uebertragungsfähigkeit zu erwarten.

Die Wirkung der Capacität des Kabels auf die Fortpflanzung von elektrischen Wellen lässt sich vergleichen mit der Fortpflanzung von Compressionswellen, welche in einer eisernen Röhre durch einen Kolben erzeugt werden. Bei einer hin- und hergehenden Bewegung verursacht derselbe abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen des Wassers, welche sich mit einer gewissen Geschwindigkeit in der Röhre fortpflanzen, und deren Amplituden, d. h. die grössten Dichtigkeiten und Verdünnungen, sehr rasch abnehmen. Dieser Vergleich stimmt mit Bezug auf das Resultat mit dem Vorgang in einem Kabel überein, nicht aber in Bezug auf die physikalischen Processe, welche dabei ins Spiel kommen. Die Energie des Wassers nämlich, welche den Wellen entzogen wird, verschwindet als solche ganz, indem sie sich durch die innere Reibung an den Wänden der Röhre in Wärme umsetzt, während die elektrische Energie im Kabel als solche bestehen bleibt, aber an den Wänden fixirt und

den Wellen entzogen wird. In dieser Richtung stimmt der Vorgang genau mit einem anderen, welcher unseren Messungen sehr leicht zugänglich ist, nämlich mit der Fortpflanzung der Wärme in einem leitenden Körper. Ein allgemein bekanntes Beispiel einer solchen Wärmebewegung giebt die Erde. Diese ist verschiedenen periodischen Erwärmungen und Abkühlungen ausgesetzt. Die eine Periode wird durch Tag und Nacht gebildet. Während des Tages nimmt die Erde Wärme auf, es entsteht eine wellenförmige Bewegung derselben nach dem Erdcentrum, welche ihr Maximum zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags hat. Dann nimmt das Zuströmen der Wärme ab, es tritt Abkühlung ein, während welcher die Wärme nun wieder aus dem Innern nach aussen strömt, die Abkühlung erhält ihr Maximum zwischen 3 und 4 Uhr des Morgens. Dies ist der Vorgang, welcher sich an der Oberfläche abspielt. Verfolgt man aber ihn nicht an dieser allein, sondern in einer gewissen Tiefe unterhalb derselben, so erkennt man, dass diese wellenförmige Wärmezufuhr sehr langsam nach abwärts sich fortpflanzt und dass die Wellen sehr rasch abnehmen. In einer Tiefe von 1 Meter ist diese Wärmebewegung gar nicht mehr merkbar; in einer Tiefe von $^1/_2$ Meter beträgt die Amplitude der Wellen kaum noch den $^1/_{50}$ Theil ihrer Intensität an der Oberfläche und die Verspätung erreicht schon 12 Stunden.

Die Vorgänge in einem Kabel sind nun ganz analog. Wenn eine elektrische Welle in dasselbe eintritt, so wird sie nach zwei Richtungen verändert, einmal wird ihre Amplitude verkleinert, dann wird ihre Geschwindigkeit verlangsamt.

Die Schwächung der einzelnen Wellen an und für sich würde kein grosser Nachtheil sein, sie würde nur

die Distanz, auf welche die Uebertragung noch hörbar durchdringen kann, begrenzen. Es ist aber sehr wichtig, dass diese Schwächung für jede Wellenlänge einen constanten Bruchtheil der Amplitude beträgt, in Folge dessen die hohen Töne mehr geschwächt werden als die tiefen. Denn wenn eine Welle viermal so lang ist wie eine andere, so wird nach Zurücklegen einer gewissen Strecke diese viermal weniger geschwächt. Da nun die Klangfarbe nicht nur von der Höhe der einzelnen Partialtöne, sondern ganz wesentlich auch durch ihre Intensität bestimmt ist, so ändert sie sich sofort, wenn der Klang eine gewisse Länge des Kabels durchsetzt hat. Ein anderer Grund bildet die Verzögerung oder die Veränderung der Phase. Wie wir schon früher bemerkt haben, hat die Phase keinen Einfluss auf den Eindruck, welchen eine bestimmte Tonwelle auf unser Ohr ausübt. Es ist nicht nöthig, dass die einzelnen einfachen Wellen, welche einen Klang zusammensetzen, alle gleichzeitig ihre Bewegung antreten, sondern es ist ganz gleichgiltig, in welchem Zeitmoment sie einzeln ihr Maximum oder Minimum passiren. Das gilt aber nur innerhalb der Dauer eines bestimmten Klanges. Bei der telephonischen Uebertragung folgen die einzelnen verschiedenen Klänge sehr rasch aufeinander und es kann die Phasenverschiebung so gross werden, dass zwei aufeinander folgende Klänge sich vermischen. Da die Phasenverschiebung ebenso wie die Schwächung für jede Wellenlänge einen constanten Zeitmoment beträgt, so ist sie für die kurzen Wellen grösser als für die langen. Es werden daher die langen Wellen schneller an ihr Ziel kommen. Die längsten derselben können selbst noch in den vorhergehenden Klang hinein-

ragen, während die kurzen so stark verzögert werden, dass sie in den nachfolgenden Klang übertreten. Es ist selbstverständlich, dass dadurch die Klangfarbe ebenfalls verändert werden muss.

Es fragt sich nun, ob die Kabel nicht so construirt werden können, dass sich diese Deformation möglichst wenig fühlbar macht. Sie ist wesentlich durch die Capacität bestimmt, man muss also die Capacität des Kabels möglichst klein machen. Bei den Telephonkabeln wird diese hauptsächlich durch die Metallhüllen bestimmt, womit die einzelnen Adern umwickelt sind. Wenn wir diese Hüllen weglassen, so wird allerdings die Capacität und die Deformation kleiner, aber dafür tritt die Induction wieder hervor. Induction und Deformation sind zwei Erscheinungen, von denen die eine mit der Capacität wächst, die andere mit derselben abnimmt. Man kann also nicht beide gleichzeitig vermeiden, sondern muss die eine gegen die andere in den Kauf nehmen.

In der Praxis wird man die Capacität möglichst klein zu halten suchen, so dass sie eben ausreicht, die schädliche Induction zu unterdrücken.

Die Capacität des Drahtes hat folgenden Ausdruck:

$$C = \frac{l}{2} \frac{0{\cdot}434}{lg\,\frac{R}{r}} K$$

wo l die Länge des Kabels bedeutet, R den Radius der Metallhülle, r denjenigen der Kupferader und K die Dielektricitätsconstante.

Die Dielektricitätsconstante für verschiedene Stoffe ist:

Nach Gordon:

Paraffin	1·99
Guttapercha	2·46

Kautschuk . . . . 2·5
Chattertons Compound 2·45
Glas . . . . . . 3·5

Mit Kohlensäure präparirtes Paraffin scheint von den bis jetzt untersuchten Stoffen sich am besten für Telephonkabel zu eignen.

Elsasser theilt mit, dass es ihm gelungen sei, durch die inductionslosen Kabel von Felten und Guilleaume bis zu einer Länge von 10 Kilometer zu sprechen. Die Capacität dieser Kabel beträgt 2 bis 2·5 Mikrofarad pro Kilometer. Durch die Kabel von Patterson, deren Capacität nur 1·5 Mikrofarad ist, soll eine Verständigung bis über 50 Kilometer möglich sein. Dies gilt aber nur wenn beide Endstationen direct an das Kabel angeschlossen sind. Wenn aber ein Kabel an eine Luftlinie angeschlossen wird, so macht sich die Retardation viel fühlbarer, und zwar merkürdigerweise nicht für beide Enden desselben in gleichem Masse. Die Sprechstelle am Ende des Kabels kann sich sehr leicht verständlich machen, aber sie selbst hört nicht, was am Ende der Luftlinie gesprochen wird, so dass eine Correspondenz unmöglich ist. Dieser Uebelstand zeigt sich, wenn das Kabel nur wenige Kilometer lang ist, so dass dadurch die Verwendung der Kabel auch in Stadtnetzen beschränkt wird.

Da wir schon oben die Vorgänge der Wärmeleitung herangezogen haben, um die Vorgänge bei der Kabelleitung zu erklären, so wollen wir uns noch einmal an dieselbe wenden. Der Unterschied zwischen der Kabelleitung und der Luftleitung besteht darin, dass das Kabel eine viel grössere Capacität hat als die Luftlinie. Dem entsprechen in der Wärmeleitung zwei Körper, welche verschiedene speci-

fische Wärme, aber ungefähr gleiche Leitungsfähigkeit haben. Solche Körper sind z. B. Gold und Kupfer. Beide Metalle leiten die Wärme ungefähr gleich gut, aber die specifische Wärme des Goldes ist dreimal kleiner als die des Kupfers. Wir denken uns zwei lange Stäbe, der eine von Gold, der andere von Kupfer, und beide aneinander gesetzt. Nun haben wir zu untersuchen, was geschieht, wenn Wärmewellen von Gold in das Kupfer übertreten oder wenn dieselben umgekehrt vom Kupfer in das Gold übertreten. Man findet, dass die Wellen, welche vom Kupfer in das Gold gelangen, ihre Form beibehalten, und wenn der Stab gut gegen Abkühlung geschützt ist, bis an das Ende desselben vordringen; sie pflanzen sich sogar im Golde schneller fort als im Kupfer. Ganz anders aber verhalten sich die Wellen, welche vom Golde in das Kupfer übergeleitet werden. Die Wärme, welche in das Kupfer fliesst, vermag nicht dasselbe auf die gleiche Temperatur zu bringen, die Wellen werden rasch kleiner und verschwinden in einer kurzen Distanz von der Trennungsfläche ganz.

Die Capacität der Kabel ist viel grösser als diejenige der Luftlinien, und es genügt schon ein relativ kurzes Stück von etwa 2 Kilometer in Verbindung mit einer Luftlinie von 50 Kilometer, um die Verständigung beschwerlich oder möglich zu machen, wodurch die Verwendung der Kabel eine gewisse Einschränkung erleidet. Die Erfahrungen in Nürnberg, Kopenhagen und vielen amerikanischen Städten bestätigen dieses theoretische Resultat.

Die Telephonkabel können sowohl in den Boden verlegt als oberirdisch durch die Luft gezogen werden. Die letztere Methode ist die einfachere und wird besonders werthvoll für den Fall, dass wegen Platzmangel

keine offenen Leitungen gezogen werden können, und eine unterirdische Kabelanlage unthunlich ist. Sie besitzt zwar weder die Vortheile der unterirdischen Kabel, vor Störungen, namentlich in Folge von tellurischen Ereignissen, Sturm, Schneefall u. s. w., möglichst geschützt zu sein und den Luftraum gänzlich frei zu lassen, noch diejenigen der offenen Luftleitungen, welche neben der Billigkeit der Anlage namentlich in der Leichtigkeit liegt, mit welcher die einzelnen Drähte beliebig verzweigt werden können.

Trotzdem verdienen die Luftkabel neben den Erdkabeln eine ganz ernstliche Beachtung, und zwar deshalb, weil bei denselben die Deformation viel geringer ist. Bei den Erdkabeln, welche in das gut leitende Erdreich eingebettet sind, ist das elektrodynamische Potential oder die Inductionsconstante und die Capacität einer einzelnen Ader in Bezug auf die Umgebung sehr gross, und in Folge dessen auch die Deformation eines elektrischen Stromes, welcher in dieser Ader fliesst. Die Deformation ist aber viel kleiner bei den Luftkabeln, welche in einem weit ausgedehnten isolirenden Medium liegen.

Es besitzt so jedes der drei Systeme der offenen Leitungen, der Luftkabel und der Erdkabel seine bestimmten Vorzüge und Nachtheile. Bei einer grossen Netzanlage wird man alle drei zweckmässig zu combiniren suchen, dabei aber die Längen der unterirdischen Kabel möglichst kurz halten.

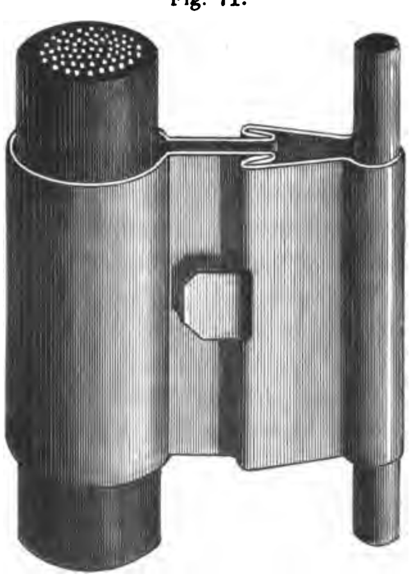
Da die Kabel gewöhnlich nur mit einem Bleimantel bekleidet sind, und daher nicht die nöthige Festigkeit haben, um eine erhebliche Spannung aushalten zu können, darf man sie nicht frei durch die Luft ziehen, sondern muss sie an einem entsprechend starken Stahldrahte aufhängen. Fig. 70 zeigt ein Kabelstück, um welches der

zum Tragen bestimmte Draht in einer weiten Spirale umgewickelt und an demselben befestigt ist. Man kann

Fig. 70.



Fig. 71.



auch das Kabel in eine Hülse legen, welche an dem zum Tragen bestimmten Stahldraht aufgehängt wird. Fig. 71 zeigt eine solche Hülse. Der Stahldraht (von 4 bis 5 Millimeter Durchmesser) wird an den Façaden der

Häuser oder auch auf den Dächern derselben an soliden eisernen Trägern festgeschraubt.

Wenn die Kabel unterirdisch verlegt werden, so ist es rathsam, dieselben in einem Canal zu schützen, da das Bleirohr zu wenig Solidität darbieten würde. Dieser Canal kann entweder aus U- oder Zores-Eisen, oder auch aus Backsteinen oder Cement hergestellt werden. Er wird in der Regel 1 Meter tief in den Boden eingegraben. Da die Längen, in welchen die Kabel verwendet werden, kaum einen Kilometer übersteigen, so ist es vortheilhaft, die ganze Länge in einem Stück zu verlegen, um Löthstellen zu vermeiden, deren Herstellung bei Kabeln mit 27 oder gar 50 Adern eine grosse Geschicklichkeit erfordert, und welche immer eine schwache Stelle derselben bilden.

c) Die Telephonie auf weite Distanzen.

Auf Seite 132 haben wir gesehen, dass man die Induction zweier Leitungen aufeinander vermeiden kann, wenn man jede Leitung aus zwei Drähten bildet, so dass der Strom in dem einen Draht hin, in dem anderen zurückfliesst. Bei sorgfältiger Construction dieser Schlaufen gelingt es, an demselben Gestänge mehr als eine Leitung anzubringen. Wenn nun auch dadurch die Telephonie auf weite Distanzen wesentlich erleichtert wird, so ist der Kostenpunkt bei Anlage von zweidrähtigen Leitungen doch noch sehr hemmend. Diesem wollte nun Rysselberghe abhelfen, indem er mit seiner Erfindung ermöglichte, die bestehenden Telegraphendrähte für die Telephonie nutzbar zu machen, und zwar so, dass die Drähte gleichzeitig für beide Dienste brauchbar sein sollten. So ausgesprochen scheint die Erfindung Myssel-

berghe's allerdings eine eminent wichtige zu sein, sie verliert aber einen Theil ihres Werthes durch die umständliche und kostspielige Herrichtung der Drähte zu diesem Zwecke.

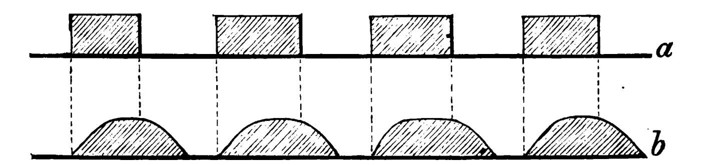
Um die gleichzeitige Telegraphie und Telephonie auf demselben Drahte zu ermöglichen, ist nothwendig, dass die Telegraphenströme die Telephonapparate, und die Telephonströme die Telegraphenapparate nicht influenciren. Es ist nun verhältnissmässig einfach, diese Bedingungen zu erreichen. Die Telegraphenapparate nämlich sprechen auf constante Ströme an, aber es ist eine gewisse Intensität derselben erforderlich, bis der Anker angezogen wird. Bei den Telephonapparaten ist dagegen nicht die Intensität massgebend, sondern es sind die schnellen Schwankungen des Stromes, welche den Apparat zum Ansprechen bringen, während langsame Schwankungen selbst bei grosser Intensität keine Wirkung hervorbringen. Unser Problem ist also gelöst, wenn wir zum Telegraphiren starke langsam schwankende Ströme verwenden, und zum Telephoniren schwache schnell undulirende Ströme. Die zum Telephoniren verwendeten Ströme sind immer so schwach, dass sie die Telegraphenapparate nicht zum Ansprechen bringen. Die zum Telegraphiren verwendeten Ströme müssen nun ebenfalls noch so modificirt werden, dass sie beim Tasterdruck langsam genug ansteigen oder abfallen, ohne das Telephon zu afficiren. Hiefür stehen uns verschiedene Mittel zu Gebot.

Wenn ein galvanischer Stromkreis, welcher aus einer Batterie und einem gerade gestreckten Drahte besteht, geöffnet wird, so sinkt in dem Drahte der Strom fast momentan von seinem früheren Werthe auf Null. Ebenso



steigt, wenn der Stromkreis geschlossen wird, die Stromstärke fast momentan zu ihrem definitiven Werthe, so dass die Curve, welche die Stromintensität in Function der Zeit darstellt, die in Fig. 72 *a* gezeichnete Form annimmt. Wenn nun jetzt aber in die Leitung eine Drahtspirale eingeschaltet wird, so tritt eine merkwürdige Veränderung ein. Der Strom braucht einc längere Zeit, bis er beim Schluss zu seinem stationären Werthe gelangt, und ebenso vergeht eine gewisse Zeit, bis er beim Oeffnen der Leitung vollständig verschwunden ist. Die Stromcurve erhält dann die in Fig. 72 *b* gezeichnete Form. In

Fig. 72a und Fig. 72b.



derselben sind die Momente der Stromunterbrechung und des Stromschlusses durch die verticalen punktirten Striche bezeichnet. Diese eigenthümliche Veränderung wird bedeutend erhöht, wenn man in die Spirale weiches Eisen einlegt. Die Ursache der beschriebenen Erscheinung liegt in der Wirkung des Extracurrents, welcher in der Leitung immer entsteht, wenn dieselbe geöffnet oder geschlossen wird. Der Extracurrent entsteht aber auch dann, wenn der Strom seine Stärke ändert, oder wenn man einen Eisenstab rasch in die Spule hineinschiebt oder aus derselben herauszieht.

Wenn der Stromkreis geschlossen wird, so hat der Extracurrent die entgegengesetzte Wirkung wie der ent-

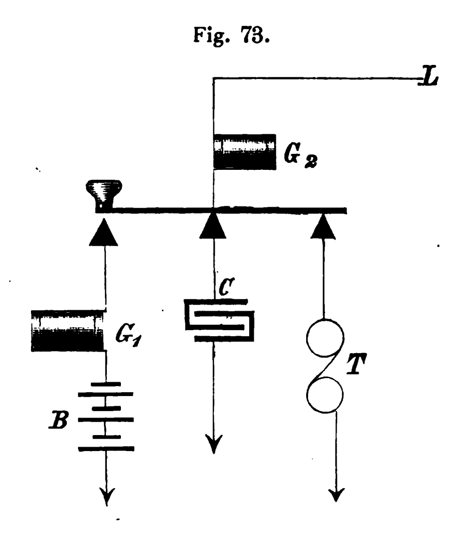
stehende Strom und schwächt daher den letzteren, umgekehrt hat der Extracurrent bei Oeffnung des Stromkreises die gleiche Richtung wie der verschwindende Strom und dauert daher noch, wenn der eigentliche Strom schon aufgehört hat. Je nach der Wahl der Grösse der Spule und der Eisenmassen, welche man in dieselben legt, kann man diese Wirkung beliebig vergrössern. Sie wächst mit dem elektrodynamischen Potential (der Inductionsconstante) der Leitung. Um eine starke Wirkung zu erhalten, umgiebt Rysselberghe die Drahtwickelungen innen und aussen mit Eisen. Eine solche Spule wird Graduator genannt.

Dieselbe oder wenigstens eine ähnliche Wirkung kann man mit Condensatoren erzielen. Diese werden in eine Zweigleitung unmittelbar neben die Batterie gelegt. Bevor der Strom dann weiter fliessen kann, muss erst der Condensator geladen werden, was einer Schwächung des Stromes gleichkommt. Wird die Leitung unterbrochen, so fliesst die Ladung nachträglich wieder ab und verlängert die Dauer des Stromes. Der Condensator hat so ganz die gleiche Wirkung wie ein Extracurrent. Die Condensatoren bestehen aus vielen Lagen von Stanniolblättern, welche durch einen stark polarisirenden Isolator getrennt sind. Diese verzögernde Wirkung der Condensatoren wurde schon längst an den atlantischen Kabeln beobachtet. Ein solches Kabel repräsentirt einen sehr grossen Condensator; die eine Belegung desselben wird durch die Kupferseele gebildet, die andere Belegung durch die mit dem Meere in Verbindung stehende Metallhülle. Wenn der Taster in Europa niedergedrückt wird, so vergeht über eine Secunde, bis der Strom in Amerika eine merkbare Wirkung

ausübt, und es vergehen 4 bis 5 Secunden, bis er seinen definitiven Werth erreicht hat. Wäre es möglich, eine Leitung mit der Capacität Null herzustellen, also den Draht etwa hoch in der Luft aufzuhängen, so genügte eine $^1/_{20}$ Secunde, um dieselbe Strecke zurückzulegen.

Um nun einen ähnlichen Effect auf den gewöhnlichen Telegraphendrähten zu erzielen, verwendet Rysselberghe

Fig. 73.



eine Combination von Graduatoren und Condensatoren, welche in zweckmässiger Weise mit den Telegraphenapparaten zu verbinden sind. Zur Armirung der Morseapparate dient der in Fig. 73 schematisch dargestellte, als Antiinductor bezeichnete Apparat. Derselbe besteht aus zwei Graduatoren von je 500 Ohm und einem Condensator von zwei Mikrofarad. Zwischen der Batterie und dem Arbeitscontact des Morseschlüssels ist der Graduator G_1

eingeschaltet, um das erste Anschwellen des Stromes zu dämpfen. Der Strom kommt hierauf zu dem Körper des Schlüssels, welcher einerseits mit dem Condensator C, andererseits mit der Linie verbunden ist. Der Strom soll zuerst den zur Erde abgeleiteten Condensator laden. Um das möglichst zu erreichen, ist in die Linienleitung ein zweiter Graduator G_2 eingeschaltet, welcher den Strom in den Condensator abdrängen und die Graduirung überhaupt verstärken soll. Am Ruhecontact ist wie gewöhnlich der empfangende Apparat T eingeschaltet.

Diese Combination graduirt die gewöhnlichen Telegraphenströme von 8 bis 12 Milli-Ampère ausreichend, so dass in dem eingeschalteten Telephon das Niederdrücken und Loslassen des Tasters kaum zu bemerken ist. Man macht dabei die Beobachtung, dass beim Stromschluss das Geräusch viel rascher gedämpft wird als beim Oeffnen. Im letzteren Falle kann das plötzliche Abfallen der Stromcurve in Folge der beim Stromunterbruch unvermeidlichen Funkenbildung viel schwieriger vermieden werden.

Jede mit einer Batterie ausgerüstete Telegraphenstation erhält einen Antiinductor. Wenn also die Linie mit Arbeitsstrom betrieben wird, so muss jede Station auf obige Art armirt werden. Dies erfordert eine bedeutende Menge von Apparaten, welche den Linienwiderstand fast um das Doppelte vergrössern. Zum Betrieb sind daher auch entsprechend stärkere Batterien nothwendig.

Wenn dagegen eine Linie mit Ruhestrom betrieben wird, so besitzen nur ganz wenige Stationen eigene Batterien, etwa zwei oder drei. Es müssen dann nur diese mit Antiinductoren versehen werden. Wenn

in der Linie viele Apparate eingeschaltet sind, so übernehmen dieselben die Rolle der Graduatoren, so dass weniger besondere Apparate nothwendig sind. In jedem Falle ist die Graduirung einer Ruhestromleitung viel leichter durchzuführen als diejenige einer Arbeitsstromleitung.

Fig. 74.

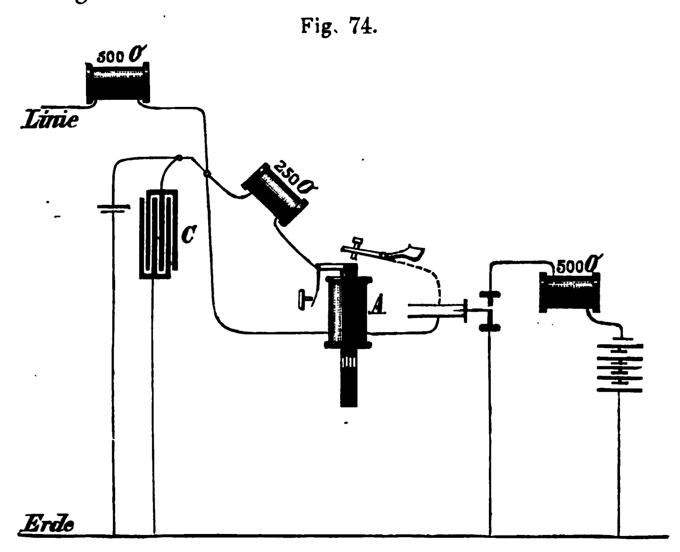


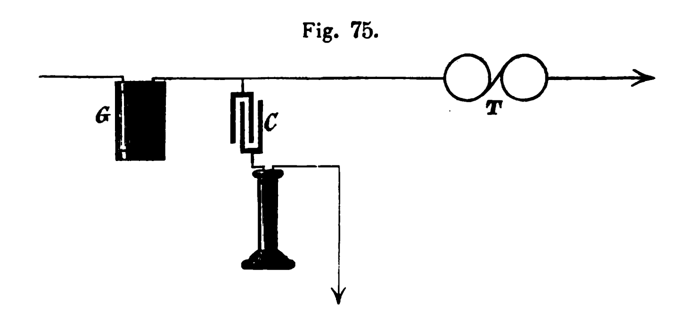
Fig. 74 zeigt das Schema, welches zur Anwendung kommt, wenn eine Linie, welche mit Hughes-Apparaten betrieben wird, zu graduiren ist.

Wenn nun alle Telegraphendrähte einer Linie graduirt sind, so können an demselben Gestänge Telephondrähte angebracht werden. Man kann auch einen Telegraphendraht selbst zum Telephoniren benützen.

Zu diesem Zwecke könnte man den Telephonapparat direct in die Linie einschalten. Es würde aber

dann der Telegraphenstrom auch das Telephon durchfliessen und die Membran desselben abwechselnd anziehen und abstossen. Diese Bewegungen würden allerdings so langsam vor sich gehen, dass die Membran keinen hörbaren störenden Ton erzeugen könnte, aber die Empfindlichkeit des Telephons würde doch dadurch verringert. Andererseits würde der Telegraphenstrom auch die Signaleinrichtungen in Function setzen. Die eingeschalteten Fallklappen würden abfallen und die pola-

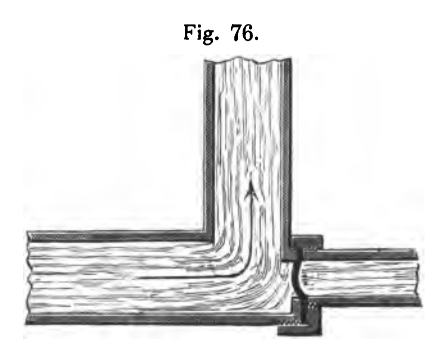
Fig. 75.



risirten Glocken bei jedem Tasterdruck anschlagen. Gewöhnliche Klingeln wären gar nicht zu verwenden. Um diese Uebelstände zu vermeiden, schaltet man den Telephonapparat nicht in die Hauptleitung, sondern in eine Abzweigung und verbindet diese mit der Linie durch einen Derivator, welcher aus einem Condensator und einem Graduator besteht. Fig. 75 zeigt das Schema dieses Apparates. Die Verbindung zwischen der Hauptleitung und der Telephonleitung besorgt der Condensator *C* von zwei Mikrofarad Capacität. Derselbe lässt die Telegraphenströme nicht durch, aber auch die durch diese hervorgerufenen Ladungs- und Entladungsströme haben keinen

Einfluss auf das Telephon, weil der Strom schon graduirt ist, und die Ladung nur langsam vor sich geht. Die Telephonströme dagegen, welche aus der Linie kommen, fliessen beinahe vollständig in den Condensator, und rufen in der anderen Belegung desselben abwechselnd Ladungs- und Entladungsströme hervor, welche durch das Telephon in die Erde fliessen. Ein Theil des Telephonstromes folgt natürlich auch der Telegraphenleitung. Um aber diesen Theil möglichst klein zu machen, wird

Fig. 76.



vor den Condensator ein Graduator *G* eingeschaltet, welcher den Telephonstrom in den Condensator abdrängt. Auf dieser sehr merkwürdigen Eigenschaft, dass die undulatorischen Ströme sich mit so grosser Leichtigkeit in die Condensatoren abdrängen lassen, beruht hauptsächlich die Verwendbarkeit des Rysselberghe-Systems. Man hat versucht, für diese Erscheinung geläufige Vergleichungen zu finden. Gut erdacht ist die Vergleichung mit einer Druckwasserleitung. Es sei beispielsweise in der Abzweigung einer solchen, etwa bei dem Punkte *m* (Fig. 76), eine Membran eingeschaltet, welche das Wasser selbst nicht durchlässt. Erzeugt man nun aber in dem die

Druckleitung durchfliessenden Wasser durch eine rasche Folge von Kolbenstössen eine pulsirende Bewegung, so werden diese Vibrationen auch durch die Membran hindurchgehen und sich auf eine hinter derselben befindliche ruhende Wassersäule übertragen. Ganz analog wirkt in dem vorliegenden Fall der Condensator. Auch er versperrt dem elektrischen Fluidum selbst den Weg, lässt dagegen die Pulsationen desselben hindurch, oder er vermittelt vielmehr die Neubildung derselben auf der entgegengesetzten Seite der Isolirschichten, welche die absperrende Membran vorstellen.

An demselben Gestänge kann man nur einen Draht zum Telephoniren benützen, wegen der Induction der einzelnen Drähte aufeinander. Will man mehrere Leitungen an demselben Gestänge anlegen, so muss man zu den Schlaufen greifen. An die beiden Telegraphendrähte werden durch Derivatoren Abzweigungen angeschlossen, welche zu dem aus zwei getrennten Spulen gebildeten Translator (Fig. 67, Seite 134) führen. Dieser vermittelt die Verbindung mit dem nach der Centralstation führenden Drahte. In Folge der mehrfachen Uebertragungen in den Derivatoren und Translatoren ist eine Schwächung und Deformation der Stromwellen unvermeidlich. Immerhin ist bei kurzen Linien eine Verständigung noch leicht möglich. Dagegen scheint sie stark erschwert zu werden, wenn die angeschlossenen Abonnentenlinien eine bedeutende Länge, etwa 100 Kilometer, erhalten.

Um die Deformation möglichst zu vermeiden, sind alle Apparate, welche nicht nothwendig sind, auszuschliessen. Die nachtheilige Wirkung der Telegraphenbureaux mit ihren Apparaten, Condensatoren und Graduatoren sucht man durch die Connectoren unschäd-

lich zu machen. Der Connector ist ein Condensator von ein bis zwei Mikrofarad Capacität, welcher zwischen die Zuleitung zu dem Telegraphenbureau eingeschaltet wird, so dass die Telegraphenströme gezwungen sind, das Bureau zu passiren; die Telephonströme dagegen durchsetzen den Condensator direct, ohne in das Bureau einzutreten.

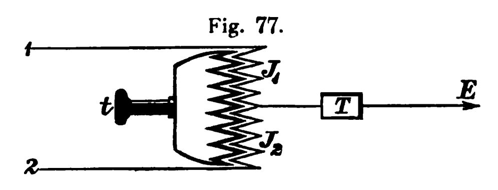
Man muss dabei beachten, dass es ein grosser Unterschied ist, wie der Condensator angewendet wird. Werden die Telephonströme gezwungen, durch denselben hindurchzugehen, so dass er einen Theil der Leitung bildet, so hat er durchaus keinen nachtheiligen Einfluss; je grösser er ist, um so besser. Die Connectoren haben eine Capacität von ein bis zwei Mikrofarad und es hat sich gezeigt, dass dieselbe vollständig genügend ist, um den Telephonströmen so gut wie gar keinen Widerstand darzubieten, d. h. eine momentane Fortpflanzung durch elektrische Vertheilung zu ermöglichen. Es ist dafür nothwendig, dass die Capacität des Condensators die zufliessende Elektricitätsmenge in jedem Zeitmoment vollständig absorbiren kann. Für die Telephonströme genügt hierzu schon eine Capacität von etwa $^1/_{10}$ Mikrofarad.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn die Leitung selbst die eine Belegung des Condensators bildet, und die zweite Belegung desselben von der Linie ganz isolirt ist. Es wird dann immer ein gewisser Bruchtheil des durchfliessenden Stromes zur Ladung des Condensators verwendet; die Folge dieser abwechselnden Ladungen und Entladungen ist die Deformation der Stromwellen, wie wir sie bei den Kabeln beobachten.

Die vollständige Armirung eines Telegraphenbureaus nach dem System Rysselberghe theilen wir weiter unten mit.

Auch Maiche hat eine Methode für die gleichzeitige Benützung der Drähte für Telegraphie und Telephonie angegeben. Mit zwei Drähten wird eine Leitung hergestellt, welche als eine Telegraphenleitung und eine Telephonleitung benützt werden kann. Rysselberghe macht aus zwei Drähten drei Leitungen, zwei Telegraphen- und eine Telephonleitung. In dieser Richtung ist also der letztere im Vorsprung. Dagegen bedarf Maiche keiner besonderen Apparate; es wird nur an den beiden Enden der Leitung eine Inductionsspule aufgestellt, welche aus drei verschiedenen Drähten besteht. Der eine Draht, der primäre, ist mit dem Sprechapparat *t*

Fig. 77.

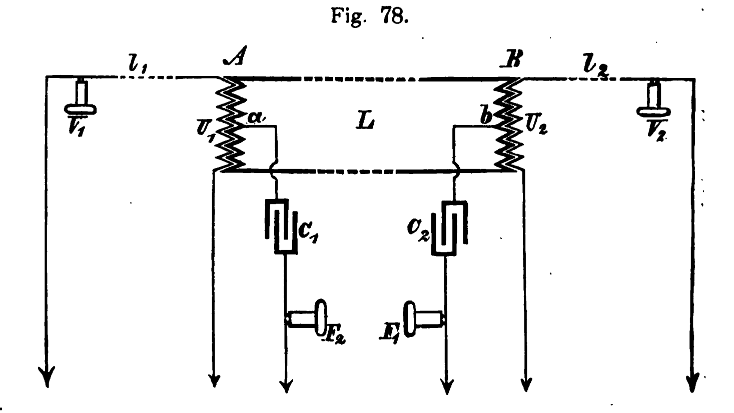


verbunden (siehe Fig. 77). Die zwei anderen Drähte J_1 und J_2 von gleicher Länge sind in entgegengesetzter Richtung auf der Spule aufgewickelt und in die Liniendrähte 1 und 2 eingeschaltet. An den Enden der Leitung sind beide Liniendrähte miteinander verbunden, und vom Verbindungspunkte geht die Leitung in die Telegraphenapparate *T*. Der Telegraphenstrom theilt sich in Folge dessen in zwei gleiche Theile, welche, die beiden Drähte in gleicher Richtung durchfliessend, an der Endstation sich wieder vereinigen, und durch den zweiten Telegraphenapparat in die Erde abfliessen. Da die Liniendrähte auf der Spule in entgegengesetzter Richtung gewickelt sind, so hebt sich die Induction der Telegraphenströme auf den primären Telephendraht auf. Der in

diesem circulirende Telephonstrom dagegen inducirt in den Liniendrähten Ströme von entgegengesetzter Richtung, welche sich gegenseitig verstärken.

Sylvanus Thompson hat noch verschiedene andere, auf derselben Methode beruhende Schaltungen vorgeschlagen. Um die Induction möglichst vollständig zu beseitigen, kann sie durch Eisenmassen, welche in der Inductionsspule verschiebbar sind, verändert werden.

Fig. 78.



Die Vorschläge von Maiche und Thompson befinden sich noch im Versuchsstadium; das Princip derselben ist zuerst von Hughes (Seite 131) angegeben worden.

Elsasser ersetzt die Telegraphenapparate in dem Schema von Maiche durch Telephone V_1 und V_2 und erhält damit zwei Telephonleitungen ohne Induction mit zwei Drähten. Das Schema dieser Verbindung zeigt Fig. 78. Der Erfolg derselben scheint ebenfalls unsicher.

Die Erfahrung hat überhaupt gezeigt, dass alle bis jetzt vorgeschlagenen Systeme, welche die Telephonie

auf weite Distanzen erleichtern wollen, von sehr zweifelhaftem Werthe sind. Die richtige Leitung für die Telephonie auf weite Distanzen ist ein Kupferdraht von wenigstens 2 Millimeter Durchmesser an besonderem Gestänge. Man kann behaupten, dass diese Leitung allein gegenwärtig vollkommen befriedigende Resultate liefert.

Was die Distanz betrifft, auf welche telephonirt werden kann, so ist diese weniger durch die Construction der Apparate als durch die Beschaffenheit der Leitungen bestimmt. Wie weit man mit guten Apparaten sprechen kann, zeigen die Versuche, welche vor zwei Jahren zwischen New-York und Chicago (Distanz circa 1800 Kilometer) auf einer Kupferdrahtleitung angestellt worden sind, und wobei mit dem Edison-Duplex-Transmitter eine ganz gute Verständigung erzielt worden ist. Es ist aber leider nicht möglich, auf so langen Linien einen regelmässigen Betrieb zu unterhalten, da die tellurischen Geräusche auf denselben (siehe Seite 108) so stark werden, dass nur ausnahmsweise bei ganz ruhiger Witterung eine telephonische Uebertragung durchdringen kann. Man dämpft diese Geräusche bedeutend, wenn man unter Ausschluss der Erde eine geschlossene Hin- und Rückleitung aus Kupferdraht verwendet. Eine solche Leitung steht zwischen New-York und Boston (Distanz 600 Kilometer) im regelmässigen Betrieb. Es sind aber die Sprechstationen direct in die Linie eingeschaltet, und nicht etwa durch Translatoren (Seite 134) welche auf so lange Distanzen unbrauchbar werden, an die Leitung angeschlossen. In ähnlicher Weise ist eine Linie zwischen New-York und Philadelphia (Distanz 200 Kilometer) im Bau, welche für 72 Drähte (36 Schlaufen)

projectirt ist, von denen aber erst die Hälfte angelegt wurde.

Allerdings können nicht alle Sprechstellen der Telephonnetze diese Linien benützen, sondern nur diejenigen, welche gegen eine erhöhte Abonnementstaxe mit doppeldrähtigen Leitungen ausgerüstet sind, oder welche als öffentliche Sprechstationen dem Publicum zu diesem Zwecke zur Verfügung gestellt werden.

Auf langen Linien, welche mit Eisendrähten angelegt sind, macht sich neben den Geräuschen die Deformation stark geltend. Diese wird durch zwei Factoren begünstigt, durch die Capacität und das Selbstpotential (die Inductionsconstante) der Leitung. Die erstere kommt nur auf ganz langen Leitungen zur Geltung. Sie beträgt per Kilometer circa 0·001 Mikrofarad; dagegen tritt der Einfluss des Selbstpotentials stark hervor. Die Grösse desselben ist (siehe Seite 129)

$$P = 2\,L\left[ln\frac{2\,L}{R} - 0{\cdot}75 + \pi\,k\right]$$

wo k die Magnetisirungsconstante der betreffenden Eisensorte ist. Da die letztere Grösse beim Eisen einen sehr grossen, beim Kupfer einen verschwindend kleinen Werth hat, so kommt es, dass das Telephoniren auf Eisendrähten von 500 Kilometer Länge schon äusserst schwierig, fast unmöglich wird, auf Kupferdrähten von mehreren tausend Kilometer Länge aber mit relativer Leichtigkeit möglich bleibt. Wenn man mit starken Mikrophonen auf langen Eisendrähten telephonirt, so beobachtet man, dass mit länger werdender Linie ein Consonant nach dem anderen ausbleibt und zuletzt nur noch die Vocale wieder-

gegeben werden. Eine Leitung von 100 Kilometer Länge möchte die Grenze sein, auf welche noch alle Consonanten unter günstigen Verhältnissen gut ankommen. Obgleich die Vocale auf gut isolirten Linien bis auf 500 Kilometer Distanz im Telephon sehr laut ertönen, versteht man doch kein Wort mehr, weil die Consonanten fehlen. Es sollten daher alle Telephonleitungen auf längere Distanzen mit Kupferdraht ausgeführt werden.

Wenn die Beschaffenheit der Contacte und der Membran der Mikrophone nicht vollkommen genug ist, um die feinen Nuancen der Schwingungen, welche die Consonanten charakterisiren, wiederzugeben, so fallen diese natürlich schon früher aus. Am schwierigsten sind die Zischlaute (*s*, *z*, *c* etc.) wiederzugeben.

III. Centralstationen.

In grossen Telephonnetzen ist die Einrichtung der Centralstation von der grössten Wichtigkeit. Von dem mehr oder minder vollkommenen Functioniren derselben hängt wesentlich der Erfolg der ganzen Anlage ab. Es ist dieses zugleich auch derjenige Theil, welcher noch am wenigsten eine fertige Form erhalten hat. Wir können daher bei diesem Gegenstande nicht so verfahren wie bisher, dass wir nur dasjenige, welches sich in der Praxis am besten bewährt hat, aufführen. Allgemein ist das Gefühl vorhanden, dass die endgiltige Form hier noch nicht gefunden sei, dass die gegenwärtigen Einrichtungen nur als vorübergehende zu betrachten seien, und über kurz oder lang vollkommeneren und besseren werden Platz machen müssen. Der Grund, warum die



Centralstationen in ihrer Entwickelung noch verhältnissmässig weit zurückstehen, liegt neben den grossen inneren Schwierigkeiten hauptsächlich darin, dass die Ansprüche, welche an dieselben gestellt werden, immer wachsen, je grösser die Zahl der Drähte wird, welche durch eine Centralstation bedient werden soll. Eine Einrichtung, welche sich für 50 oder 100 Drähte sehr gut bewährt, wird unbrauchbar, wenn es sich um 500 bis 1000 Drähte handelt. Ist es gelungen, eine solche Einrichtung für diese grössere Anzahl von Drähten zu erstellen, so versagt sie ihren Dienst, sobald die Drähtezahl wiederum wächst. So stellt sich das Problem der Einrichtung der Centralstation immer wieder von neuem, wenn die Entwickelung des Telephonnetzes eine bestimmte Ausdehnung erreicht hat.

Anfangs suchte man diese Schwierigkeit der stetig wachsenden Anforderung dadurch zu umgehen, dass man, statt eine grosse Centralstation für ein umfangreiches Centrum zu bauen, mehrere solcher anlegte. Das geschah für Paris und Berlin. Trotzdem diese Städte mehrere tausend Abonnenten zählen, enthält doch keine Centralstation mehr als 500 bis 1000 Abonnenten. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass dieses Vorgehen sehr fehlerhaft ist.

In Paris wollte man dadurch die Länge der theuren Kabelleitungen möglichst reduciren. Aber was man an Anlagekosten erspart, verliert man an den vermehrten Betriebsspesen.

Sofern es technisch möglich ist, alle anzuschliessenden Sprechstellen auf einer Centralstation zu vereinigen, so ist das immer das weitaus Vortheilhafteste. Nehmen wir z. B. an, ein Netz besitze zwei Centralstationen, welche

jede ungefähr die Hälfte der angeschlossenen Abonnenten aufnehmen soll. Dann kann man annehmen, dass etwa ein Drittel sämmtlicher herzustellender Verbindungen zwischen diesen beiden Centralstationen sich abspiele. Jede dieser Verbindungen nimmt aber dreimal so viel Personal und Zeit in Anspruch wie eine Verbindung, welche direct ausgeführt werden kann. Denn in dem letzteren Falle muss einfach der aufrufende Abonnent mit dem aufgerufenen verbunden werden. Im anderen Fall wird aber erst die andere Centralstation aufgerufen. Das Personal derselben hat diesen Ruf zu beantworten und die Meldung entgegenzunehmen, und erst in dritter Linie kann sie endlich die Verbindung herstellen. Dieses Drittel der Verbindungen, welches zwischen beiden Centralstationen auszuführen ist, nimmt also so viel Zeit und Personal in Anspruch, wie alle Verbindungen zusammengenommen, wenn alle Drähte auf einer Centralstation einlaufen würden. Dabei ist selbstverständlich der Dienst im letzteren Falle sicherer, für die angeschlossenen Sprechstellen angenehmer und werthvoller, weil viel schneller.

Der einzige Vortheil der Anlage mehrerer Centralstationen, die Ersparniss der Leitungen, war nur so lange beachtenswerth, als es noch unmöglich war, Kabel zu legen, und es grosse Schwierigkeiten verursachte, in dichten Netzen alle Drähte über den Dächern durchzubringen. Nachdem nun diesem Mangel abgeholfen ist, rechtfertigt sich die Anlage mehrerer Centralstationen nicht mehr, sondern das einzig Richtige ist, möglichste Centralisation der Anlage in einem einzigen Punkte. Decentralisation widerspricht der Grundidee der Telephonnetze, in kürzester Zeit mit einer grossen Zahl von Personen in directen Verkehr zu treten. Alle Verbindungen müssen sich in

einem Punkte concentriren. Es fragt sich allerdings, wie weit die Centralisation gehen könne, ob sie an einem gewissen Punkte angelangt ihre Vortheile verlieren. Gegenwärtig bestehen in Amerika Einrichtungen für 5000 Abonnenten. Baltimore hat eine Centralstation von 4900, Boston für 4200, Pittsbourgh, Louisville, Philadelphia für 4000 Drähte. Es ist kein Zweifel, dass sie auch für 10.000 Abonnenten noch gut functioniren werden. Jedenfalls muss gegenwärtig bei Errichtung von Fernsprechanlagen der Grundsatz aufrecht gehalten werden, die Anlage so centralisirt als möglich zu gestalten und so wenig Hauptcentralstationen als möglich anzulegen.

Bei der Projectirung eines Telephonnetzes wird etwa wie folgt vorzugehen sein: In erster Linie muss der Ort der Centralstation bestimmt werden. Um Leitungsmaterial möglichst zu ersparen, wird man denselben im Centrum des Netzes und in denjenigen Stadtheil, wo am meisten Sprechstellen zu erwarten sind, verlegen. In speciellen Fällen können auch andere Gesichtspunkte massgebend sein, aber die centrale Lage erleichtert die Anlage des Netzes ausserordentlich. Wenn die Leitungen oberirdisch geführt werden sollen, so ist dieser Umstand besonders wichtig.

Nachdem die Lage des Centralpunktes bestimmt ist, so kommt die Festlegung der Richtung der einzelnen Stränge. In Netzen mit oberirdischem Bau muss man darauf achten, die Stränge in möglichst gerader Richtung radial von der Centralstation aus anlegen zu können. Es ist dies aus zwei verschiedenen Gründen erforderlich, einmal vermeidet man auf diese Weise am besten Kreuzungen der Stränge und Drähte, welche zu Störungen aller Art Veranlassung geben können. Dann

behält man bei dieser Bauart die Möglichkeit, späterhin noch neue Stränge in das Netz hineinzuziehen, wenn die Erweiterung desselben eine solche erfordert. Die Rücksicht auf die spätere Entwickelung des Netzes ist überhaupt ein Hauptpunkt, auf welchen man bei der Projectirung besonders zu achten hat.

Was nun die Wahl der einzelnen Stützpunkte betrifft, so sind auch hier verschiedene Punkte zu berücksichtigen. Der Stützpunkt soll in der zum voraus festgesetzten Strangrichtung liegen. Ferners soll er leicht zugänglich sein, und es sollen von ihm aus die einzelnen kleineren Nebenstränge und Abonnentenzuleitungen leicht angeschlossen werden können; die Bedachung muss die für Aufstellung und Befestigung des Gestelles nöthige Form und Festigkeit haben. Endlich ist es sehr vortheilhaft, wenn die einzelnen Stützpunkte möglichst dieselbe Entfernung von circa 100 Meter von einander haben. Es wird nun im Allgemeinen sehr schwer halten, die nöthige Anzahl der Stützpunkte zu finden, welche alle diese Bedingungen erfüllen, und welche zudem noch von den betreffenden Eigenthümern zur Verfügung gestellt werden. Dadurch werden Abweichungen aller Art nothwendig, und es gehört die grösste Sachkenntniss und Ueberlegung dazu, ein Netz richtig zu projectiren.

Bei der Anlage von grösseren Stadtnetzen wird zwar immer die Benützung von unterirdischen Leitungen in Aussicht genommen werden müssen. In der Regel kann es sich aber nicht darum handeln, das ganze Netz mit Erdkabeln anzulegen. Es giebt verschiedene Gründe, welche hiervon abrathen:

1. Die Anlage von Kabelleitungen ist ökonomisch vortheilhaft nur bei einer grossen Anzahl von Leitungen.



2. Der unterirdische Anschluss der einzelnen Sprechstellen vertheuert die Anlage so sehr, dass dadurch auch der Abonnementspreis wesentlich beeinflusst wird. Es ist dabei besonders auch die Erschwerung der Verlegung der Sprechstellen zu berücksichtigen.

3. Durch lange Kabellinien wird die telephonische Uebertragung verschlechtert.

Bei der Disposition eines grossen Telephonnetzes wird man daher die Kabel für die grossen Hauptstränge mit 100 und mehr Drähten in Aussicht nehmen, welche in der Regel Distanzen von wenigen Kilometern nicht übersteigen. Die Kabelstränge führen zu verschiedenen Leitungscentren, welche einen grossen Centralbock bilden. Von diesem aus strahlen dann die Leitungen nach allen Richtungen auf oberirdischem Wege zu den einzelnen Sprechstellen, in kleinere oder grössere Stränge vereinigt. Die Kabelstränge kann man zuweilen in die Canäle des städtischen Cloakensystems verlegen, wodurch sowohl die Anlagekosten als namentlich der Unterhalt bedeutend erleichtert wird. Immerhin müssen auch in diesem Falle die Kabel sowohl gegen mechanische Beschädigung als auch gegen die Einwirkung allfälliger schädlicher Ausdünstungen geschützt werden.

Durch die Combination von Kabelleitungen mit offenen Luftleitungen verbindet man den Vortheil der oberirdischen Leitungen, welcher darin besteht, die Sprechstellen auf eine möglichst billige und einfache Art an das allgemeine Netz anzuschliessen, und denjenigen der unterirdischen Anlage, welcher in einer möglichst grossen Sicherung der Leitungen und einer möglichsten Freihaltung des Luftraumes zu suchen ist. Man geniesst auch den Vortheil des Betriebes einer einzigen

Centralstation, aber andererseits ebenso die Vortheile der Decentralisation des Linienbaues, welcher in eine ganze Reihe von Strahlungspunkten zerfällt, die unterirdisch mit der Centralstation verbunden sind. Die Fortschritte des Linienbaues werden hauptsächlich dahin zu trachten haben, die Verwendung der Kabel möglichst zu erleichtern. Es wird aber vorderhand in einer richtigen Combination beider Mittel, der Kabel und der offenen Luftleitungen, die vortheilhafteste Lösung zu suchen sein.

Die Einrichtung der Centralstation zerfällt in zwei Theile, nämlich in die Einführung der Drähte und in die Apparate, welche die beliebige Verbindung der Drähte untereinander ermöglichen sollen.

a) Einführungen.

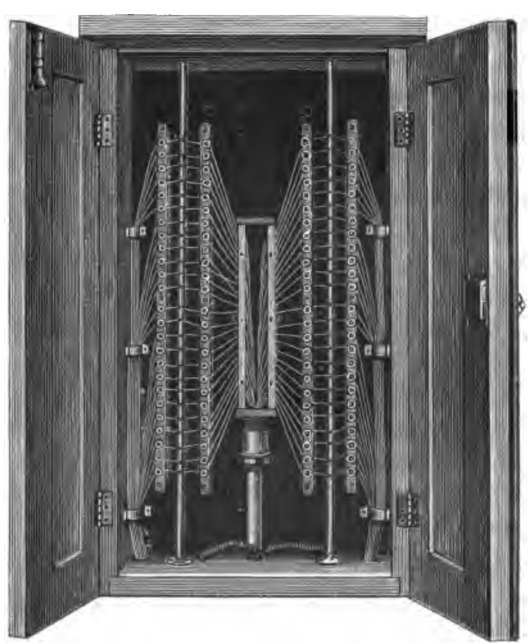
Bei der Anlage der Einführungen hat man zu unterscheiden, ob das Netz mit Kabeln oder mit offenen Luftlinien gebaut wird. Wenn Kabel verwendet werden, so ist die Einführung derselben eine verhältnissmässig einfache Sache. Die Kabel werden an ein System von Verbindungsschienen geführt, von wo aus die Drähte direct zu den Apparaten führen. Diese Verbindungsschienen können nun auf sehr verschiedene Weise construirt werden. Zweckmässig bringt man dieselben mit einer Blitzschutzvorrichtung in Verbindung. Auch sollen sie so eingerichtet sein, dass sich die Drähte leicht vertauschen lassen. Fig. 79 zeigt einen Kabelkasten für ein 50drähtiges Kabel. Das Kabel steigt in der Mitte des Kastens empor, die einzelnen Adern sind um Porzellanrollen geführt, ebenso die Enden der Zuleitungsdrähte zu den Apparaten, welche an der Seite emporsteigen. Zwischen beiden kann als Ver-

bindung ein ganz dünner Platindraht eingeschaltet werden, welcher als Schutzdraht gegen starke elektrische Entladungen dient.

Eine andere, ebenfalls sehr zweckmässige Vorrichtung ist in den Centralstationen in Paris in Gebrauch, die so-



Fig. 79.



genannten Rosaces. Dieselben bestehen aus einer hölzernen Wand, welche eine Oeffnung von etwa 2 Meter Durchmesser besitzt. Auf der Peripherie dieses Ringes sind eine gewisse Anzahl, etwa 100 Verbindungsschienen angebracht. Die letzteren tragen zwei Contactschrauben, die

eine für die Kabelader, welche von der Linie herkommt, die andere für die Leitung zu den Apparaten.

Bei oberirdischen Leitungen muss man auf der Centralstation einen Centralbock construiren, von welchem alle Drähte ausstrahlen. Vor Allem ist die Grösse dieses Bockes zu bestimmen, wobei namentlich auch die künftige Entwickelung des Netzes berücksichtigt werden muss.

Im Allgemeinen hat die Erfahrung gezeigt, dass Netze in kleineren Orten sich viel weniger stark ausdehnen, als solche in grossen Städten. Für kleinere Orte genügt es, das Netz etwa für die vier bis sechsfache Zahl der angemeldeten Stationen zu bauen. Für grosse Städte ist man aber in dieser Richtung ganz im Ungewissen. Abgesehen davon, dass in einer grossen Stadt das Telephon einen viel grösseren Nutzen hat als in einer kleinen, und schon aus diesem Grunde mehr Sprechstellen sich mit der Zeit anmelden werden, sind die grossen Städte selbst einer raschen Vergrösserung fähig.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass in grösseren verkehrsreichen Städten ein Netz erst dann als gesättigt zu betrachten ist, wenn eine Sprechstelle auf 50 bis 100 Einwohner kommt.

Die Construction des Centralbockes richtet sich nach der Zahl der Drähte, für welche das Netz angelegt werden soll.

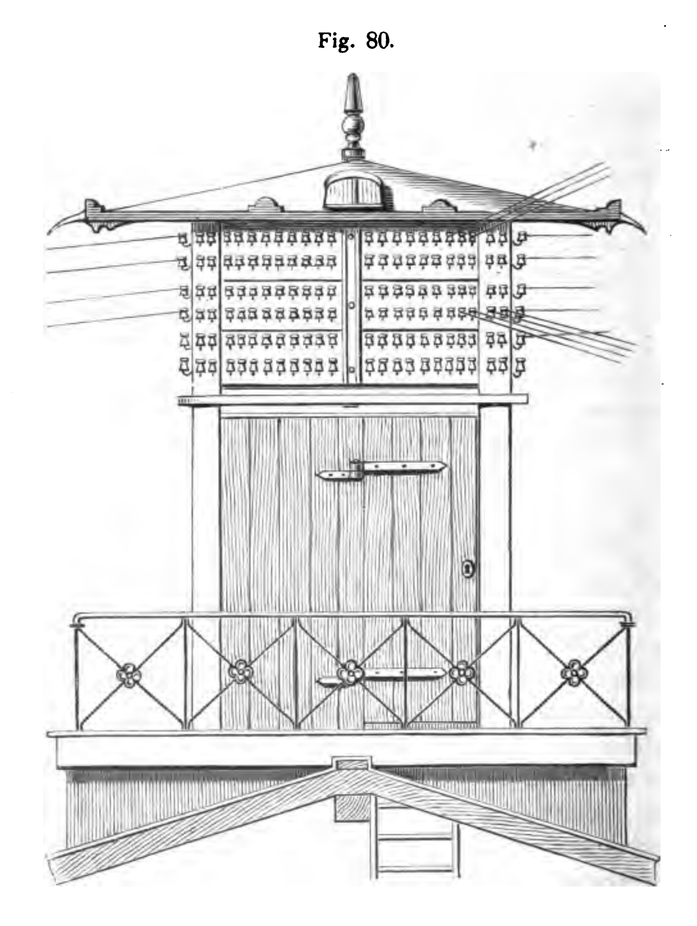
Wenn nur eine kleinere Zahl von Drähten einzuführen sind, etwa 50 bis 100, so kann man sehr oft den Bau eines besonderen Bockes ersparen. Wenn das Dach sehr hoch ist, so lassen sich an demselben verschiedene Oeffnungen anbringen oder die schon bestehenden benutzen, indem vor dieselben ähnliche Traversen

mit Isolatoren für die Drähte angebracht werden, wie auf den gewöhnlichen Böcken. In günstigen Fällen reicht man mit solchen einfachen Constructionen selbst für ein grösseres Netz aus. Wenn das Dach sehr hoch und gross ist, können auf diese Weise gegen 1000 Drähte eingeführt werden, es wird so das ganze Dach gleichsam zu einem Centralbock umgewandelt. In den wenigsten Fällen wird aber hiefür genügend Platz vorhanden sein, und man muss sich dann zur Erstellung von speciellen Bauten entschliessen. In kleineren Netzen errichtet man auf dem Dache einen thurmartigen Aufbau von viereckiger oder sechseckiger, oder achteckiger Form, je nach der Grösse. Auf die Seitenwände können die Isolatoren direct befestigt werden, wie bei dem in Fig. 80 dargestellten Thurme einer Centralstation in Berlin. Häufiger erhalten die Wände Fenster, vor welchen die eisernen Traversen mit den Isolatoren zur Aufnahme der Drähte anzubringen sind.

Sind aber sehr viele Drähte einzuführen, etwa 500 oder noch mehr, so würde man entweder die einzelnen Seiten des Aufbaues sehr gross machen oder die Isolaoren sehr nahe zu einander drängen müssen, was beides mit Nachtheilen verbunden wäre. Man umgiebt in diesem Falle den Thurm mit einem eisernen Gerüst, welches auf dieselbe Weise construirt ist, wie die Gestelle auf den Häusern, nur viel grösser. Zugleich sucht man demselben unter Anpassung an die Form des Daches und die Zahl der nach jeder Seite nothwendigen Drähte eine regelmässige Form zu geben, etwa diejenige eines Achteckes. Wenn eine Centralstation 2000 Drähte fassen soll, so kämen auf jede Seite 250 Drähte. Gewöhnlich drängt man am Centralbock die Isolatoren

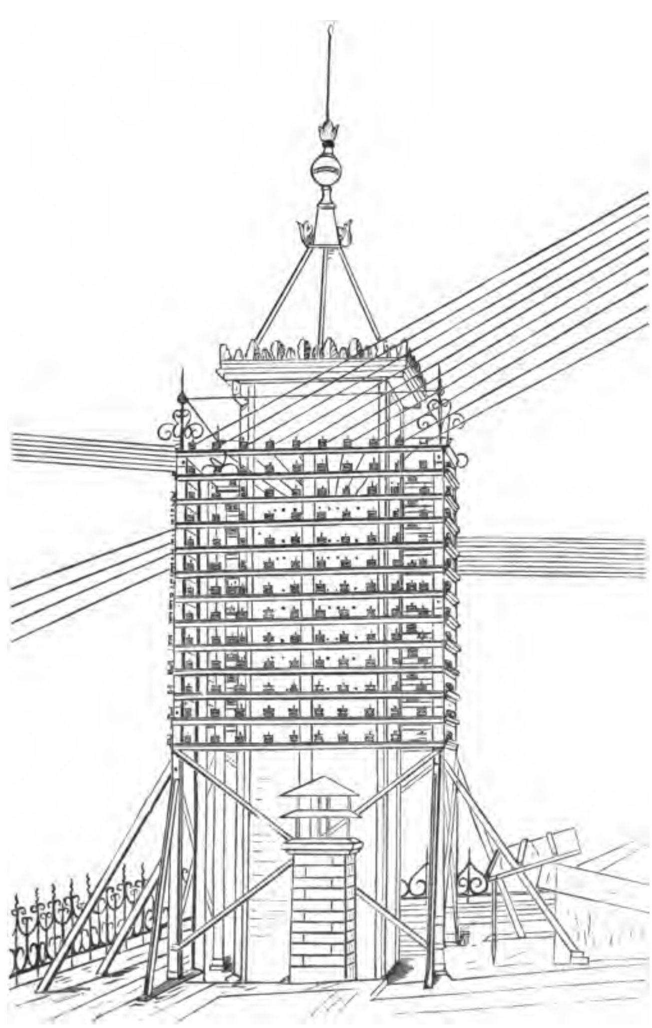
auf 20 bis 10 Centimeter zusammen. Würde man also die Drähte in 10 Traversen zu 25 Drähten vertheilen, so

Fig. 80.



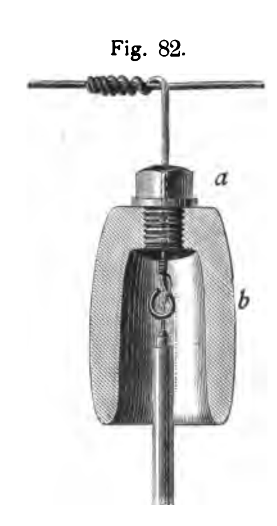
müsste jede Traverse 2·5 bis 5 Meter lang und das ganze Gestell etwa 5 Meter hoch sein.

Fig. 81.



Die Festigkeit des Gestelles muss nach denselben Grundsätzen berechnet werden, wie die der einzelnen Böcke. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass jede einzelne Seite des Centralbockes auf einseitigen Zug beansprucht wird und dass in Folge dessen die Construction und die Verankerung solider sein muss. Fig. 81 ist die Abbildung eines vierseitigen Centralbockes für 500 Drähte in Zürich.

Fig. 82.



Von den Isolatoren des Centralbockes führt gewöhnlich isolirter Kupferdraht durch einen Schacht in das Local, in welchem die Apparate aufgestellt sind.

Die Verbindung des Eisendrahtes mit dem Kupferdraht wird in Deutschland nach der in Fig. 82 dargestellten Art und Weise hergestellt. Vor dem Isolator befindet sich die aus Hartgummi bestehende Schutzglocke aufgehängt. Dieselbe besteht aus zwei Theilen, dem Kopfe *a* und dem abschraubbaren Theile *b*. In den Kopf und durch denselben hindurchreichend ist ein Stahldraht einvulcanisirt. Das obere Ende dieses Drahtes wird um die Leitung gewickelt und mit derselben verlöthet, während das untere im Inneren des Mantels befindliche Ende mit dem Kupferdraht verbunden ist. Die Isolirschicht der Kupferader ragt bei aufgeschraubtem Mantel bis in diesen hinein, so dass das obere Ende der Ader trocken bleibt und ein Stromübergang vermieden wird, auch bei nassem Wetter. Diese Einführung ist ohne Zweifel sehr zweckmässig, doch in der Praxis etwas umständlich.

Gewöhnlich begnügt man sich mit einer guten Verlöthung. Der Einführungsdraht führt erst zu einer Blitzschutzvorrichtung; auf Seite 77 haben wir eine solche beschrieben. Zur Verbindung der Blitzplatten mit den Apparaten der Centralstation werden zweckmässig inductionsfreie Kabel zu 5, 25 oder 50 Adern verwendet. Wenn der Apparatensaal nahe bei und vertical unterhalb des Centralbockes sich befindet, so ist es zuweilen vorzuziehen, statt der Kabel offene Leitungen zu benützen, welche natürlich möglichst übersichtlich angelegt werden müssen. Die Details dieser Anordnungen müssen in jedem speciellen Falle den localen Verhältnissen entsprechend bestimmt werden.

b) Die Apparate.

Die Apparate der Centralstation bestehen aus zwei Theilen: den Signaleinrichtungen und dem Commutator. Ausserdem sind auf grösseren Centralstationen noch verschiedene Specialapparate nothwendig. Erstere haben den Zweck, den Beamten der Centralstation aufmerksam zu machen, wenn der eine oder der andere der angeschlossenen Abonnenten eine Verbindung wünscht. Der Commutator soll die Verbindung der einzelnen Drähte untereinander auf eine möglichst einfache und rasche Art ermöglichen.

Die Signaleinrichtungen.

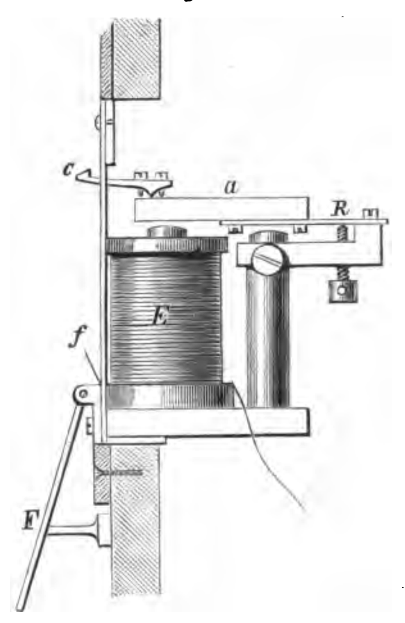
Die Signaleinrichtungen bestehen gewöhnlich aus einem Elektromagneten, welcher auf einen um seine Axe drehbaren Anker wirkt. Dieser Anker bildet die Hemmung einer Fallscheibe. Jeder Elektromagnet ist mit der Anschlussleitung eines bestimmten Abonnenten verbunden. Wenn ein Strom durch den Elektromagneten

fliesst, so wird der Anker angezogen, die Hemmung ausgelöst, und die Scheibe fällt. Dadurch wird der betreffende Beamte der Centralstation benachrichtigt, dass der dieser Klappe zugetheilte Abonnent mit ihm aus irgend einem Grunde zu verkehren wünsche. Um diese Function des Ankers zu ermöglichen, müssen zwei Kräfte auf denselben wirken, einerseits die vom Elektromagneten erzeugte elektrische Anziehung, und dann noch eine zweite Kraft, welche den Anker wieder automatisch in seine Ruhelage zurückführt, wenn der Elektromagnet aufgehört hat zu wirken, und ihn in dieser Lage festhält, bis ein weiterer Stromimpuls den Elektromagnet von neuem erregt. Diese zweite Kraft kann man nun auf verschiedenem Wege erzeugen, und die Klappen können hiernach in verschiedene Gruppen gebracht werden.

Häufig wählt man zur Erzeugung dieser Kraft die Elasticität einer dünnen Spiralfeder aus Neusilberdraht. Der Anker bildet einen zweiarmigen Hebel, an dessen einem Arme der Elektromagnet wirkt, am anderen Arme greift die Spiralfeder an. Wenn man dieser viele Windungen giebt und einen sehr guten Draht wählt, so kann man die Grösse der Elasticität durch Auf- und Abspannen der Feder sehr genau reguliren und die Empfindlichkeit des Ankers beliebig gross oder klein machen, um die Klappe den verschiedensten Stromstärken anzupassen. Wenn aber die Construction nicht ganz vollkommen ist, und die Feder nicht aus ganz gutem Material besteht, so ändert sich die Grösse der Elasticität mit der Temperatur ganz bedeutend, so dass, um dieselbe Empfindlichkeit beizubehalten, die Feder sehr oft regulirt werden muss.

Weniger empfindlich gegen solche zufällige Störungen sind die Klappen, bei welchen statt der Spiralfeder eine Blattfeder den Anker in seiner Ruhelage festhält. Fig. 83 stellt eine solche Klappe dar, welche unter Anderem bei der deutschen Telegraphenverwaltung und

Fig. 83.



in etwas modificirter Form bei dem Telephonnetz in Paris Verwendung findet. *E* ist der Elektromagnet, *a* der Anker. Die stielförmige Verlängerung des letzteren trägt einen Haken *c*, welcher den Zweck hat, die Fallklappe *F* festzuhalten. Ausser dem Haken ist an dem Anker noch eine Blattfeder befestigt, welche bei *R* gegen

einen Stellstift presst, und dadurch denselben vom Elektromagneten weghebt. Der Stift ist verstellbar, und es kann dadurch die Spannung der Feder variirt und die Empfindlichkeit regulirt werden. Durch diese Spannung wird der Haken *c* auf die Platte *F* gedrückt und diese festgehalten. Wenn aber ein Strom durch den Elektromagnet fliesst, so wird der Anker angezogen, der Haken lässt die Platte los, diese dreht sich in Folge ihres Gewichtes bei ihrer etwas schiefen Lage und durch den auf ihren unteren Theil ausgeübten Druck einer Feder *f* um die durch die Charniere gebildete Drehaxe nach aussen und abwärts. Dadurch wird zugleich die auf der Platte aufgemalte Nummer des rufenden Abonnenten ersichtlich.

In Telephonnetzen, wo alle möglichen Linien, die längsten wie die kürzesten, zusammengehängt werden können, hat eine Regulirung, welche die Empfindlichkeit des Apparates der Länge der Linie anpasst, wie dies bei den Telegraphenapparaten geschieht, keinen Sinn. Die Regulirung muss sich hier darauf beschränken, die Empfindlichkeit möglichst gross zu machen, aber doch nur bis zu dem Grade, dass die Klappen noch nicht durch ganz schwache Ströme, welche durch Induction von benachbarten Leitungen oder durch tellurische Störungen entstehen können, ansprechen. Es kommt daher eigentlich nur darauf an, die Klappen mit einer gewissen zum voraus bestimmten Empfindlichkeit zu construiren, diese Empfindlichkeit soll dann aber unveränderlich bleiben. Zu diesem Zwecke eignet sich am besten die Schwerkraft. Dieselbe bleibt für einen bestimmten Ort der Erdoberfläche constant; andererseits lässt sie sich innerhalb beliebiger Grenzen reguliren durch das Gewicht, welches man dem

betreffenden Körper giebt. Eine nach diesem Princip construirte Klappe zeigt Fig. 84. *e* ist einer der Elektromagnete. Der Anker, welcher in *l* an einem Charnier drehbar aufgehängt ist, trägt einen langen Fortsatz *b*, der in einen Haken endigt. Durch das Gewicht des Fortsatzes wird der Anker vom Elektromagnet weggehoben. Wird der Fortsatz schwer gemacht, so ist die Kraft, welche den Anker vom Elektromagnet weghebt, gross, die Empfindlichkeit klein. Macht man den Haken leichter, so wird in demselben Masse die Empfindlichkeit der Klappe grösser. Alle Klappen von derselben Construction und mit gleich schweren Haken haben auch genau dieselbe Empfindlichkeit. Es ist dabei vorausgesetzt, dass der Anker selbst vollständig ausbalancirt sei; ist das nicht der Fall, so hat auch das Gewicht des Ankers einen Einfluss auf die Empfindlichkeit. Im Uebrigen ist das Spiel genau dasselbe wie bei den oben beschriebenen Vorrichtungen, und braucht deshalb nicht noch einmal auseinandergesetzt zu werden. Diese Klappe zeichnet sich durch ihre einfache Construction und ihre genau definirte constante Empfindlichkeit aus. Sie bedarf in Folge dessen keiner Regulirung, und es sind alle Störungen ausgeschlossen, welche durch unrichtige Regulirung bei den anderen Klappen häufig auftreten.

Fig. 84.

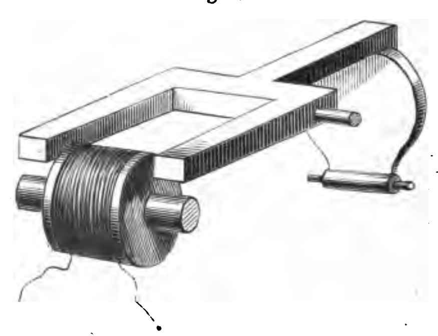
Eine auf demselben Princip beruhende Klappe wurde von Sieur angegeben. Dieselbe ist in Fig. 85 schematisch dargestellt, und zeichnet sich namentlich durch eine eigenthümliche Form des Ankers aus, wodurch beide Pole des einzigen Elektromagnets gleichzeitig ausgenützt

werden. Sie steht in den Telephonnetzen von Frankreich in Gebrauch.

Gewöhnlich ist bei den Klappen noch die Einrichtung getroffen, dass beim Fallen der Scheibe ein Localstrom geschlossen wird und eine Glocke so lange läutet, bis die Fallscheibe wieder in ihre Ruhestellung gebracht wird. Diese Einrichtung hat den Zweck, die Betriebssicherheit zu erhöhen, indem der Beamte dadurch gezwungen wird, kein Signal unbeachtet zu lassen; sie ist besonders werthvoll für den Nachtdienst, wo wegen der



Fig. 85.



schwachen Benutzung der Einrichtung nur eine sehr beschränkte Zahl von Beamten in Function bleiben, denen nicht möglich ist, sämmtliche Klappen zu übersehen. Wenn die Scheibe (Fig. 84) fällt, so drückt sie gleichzeitig die Neusilberfeder *f* an den platinirten Kopf der Metallschraube *h*. Die Feder und die Metallschraube bilden die beiden Pole eines galvanischen Stromkreises, welcher eine Batterie und eine Klingel enthält; im Moment, wo die Klappe fällt, wird dieser Stromkreis geschlossen, und die Klingel ertönt so lange, bis der Beamte die Scheibe

wieder emporgehoben hat, und die Feder sich vom Schraubenkopf entfernen kann.

Ein Uebelstand, welcher sich bei allen Klappen hie und da zeigt, besteht darin, dass die Kerne remanenten Magnetismus aufnehmen und dann den Anker angezogen halten, auch wenn der Strom durch den Elektromagnet längst aufgehört hat zu wirken. Diese Erscheinung macht natürlich die Klappe zum Betrieb unbrauchbar. Sie zeigt sich mehr bei Einrichtungen mit Batteriestrom als bei solchen mit Wechselstrom, und macht sich um so fühlbarer, je empfindlicher die Klappen sind. Ausser durch die zum Betrieb verwendeten Ströme kann dieselbe Erscheinung aber auch durch starke Erdströme hervorgerufen werden. Man kann dem Entstehen des remanenten Magnetismus theilweise begegnen, wenn man zu den Kernen der Elektromagnete möglichst weiches Eisen verwendet. Kerne, welche zu viel remanenten Magnetismus enthalten, müssen sorgfältig ausgeglüht werden. Der remanente Magnetismus kann auch auf elektrischem Wege durch zweckentsprechende Magnetisirung entfernt werden.

Ein anderer wichtiger Punkt ist die sorgfältige Isolirung des Wicklungsdrahtes von dem Eisenkerne. Da die Wirkung des Stromes auf den Eisenkern mit der dritten Potenz der Entfernung abnimmt, ist es sehr wichtig, die Entfernung möglichst klein zu machen. Man verzichtet daher oft auf die Holzspulen, auf welche gewöhnlich der Draht aufgewickelt ist, und legt diesen direct auf den Eisenkern. Die Isolirung muss dann auf andere Weise gesichert werden. Am einfachsten umklebt man den Kern mit Seidentuch oder paraffinirtem Papier. Als Wicklungsdraht verwendet man gewöhnlich mit Seide

besponnenen Draht von 0·16 bis 0·2 Millimeter Durchmesser, und giebt der Wicklung einen Widerstand von 100 Ohm. Es darf nur best leitendes Kupfer verwendet werden. Die Klappe soll mit einem Strom von 0·8 Milli-Ampère fallen.

Der Commutator.

Der zweite Haupttheil der Einrichtungen der Centralstation besteht aus dem Commutator oder Umschalter, welcher ermöglichen soll, alle einmündenden Drähte beliebig miteinander verbinden zu können. Anfänglich wurde hierzu der sogenannte Linienwechsel, wie er auch in der Telegraphie üblich ist, verwendet. Derselbe besteht aus zwei Lagen übereinanderliegender Messingstäbe, welche parallel zu einander und jeder für sich isolirt auf einem Brette aufgeschraubt sind. Die beiden Lagen sind ebenfalls isolirt von einander, und liegen so, dass die einzelnen Stäbe der oberen Schicht senkrecht zu denjenigen der unteren Schicht zu stehen kommen. An den Kreuzungsstellen sind die untereinanderliegenden Stäbe durchbohrt und können durch einen metallenen Stöpsel, welcher genau in die Duchbohrungen hineinpasst, elektrisch miteinander verbunden werden. An die verticalen Stäbe sind die Drähte angelöthet, welche von den Signalklappen der einzelnen Abonnenten kommen. Einer der horizontalen Stäbe, etwa der unterste, ist mit einer guten Erdleitung versehen und in diesem stecken für gewöhnlich alle Stöpsel (Ruhelage). Es führen also alle Drähte auf der Centralstation durch die Blitzplatten, die Elektromagnete der Aufrufklappen und die Contactschienen in die Erde.

Wenn nun zwei ganz beliebige Abonnenten A. und B. miteinander zu verbinden sind, so zieht man die Stöpsel



derselben aus der Erdleitung heraus und setzt sie auf einen horizontalen Stab, auf welchem sich sonst noch keine anderen Stöpsel befinden. Der Strom kommt von der Linie durch die Klappe in den verticalen Stab *A* bis zum Stöpsel; an diesem Punkte geht er auf den darunter liegenden horizontalen Stab über bis zum zweiten Stöpsel, welcher den Strom in den verticalen Stab *B* und von diesem durch die Signaleinrichtung in die Linie des zweiten Abonnenten führt.

Um einen rationellen Betrieb zu ermöglichen, muss der Beamte der Centralstation die Abonnenten aufrufen und mit ihnen sprechen können. Zu diesem Zweck ist auf der Centralstation ein vollständiger Sprechapparat und ein elektrischer Generator (Batterie, Inductor) aufgestellt, und diese beiden Apparate sind an zwei besondere horizontale Stäbe des Linienwechsels angeschlossen. Diese verschiedenen Verbindungen sind in Fig. 86 schematisch dargestellt.

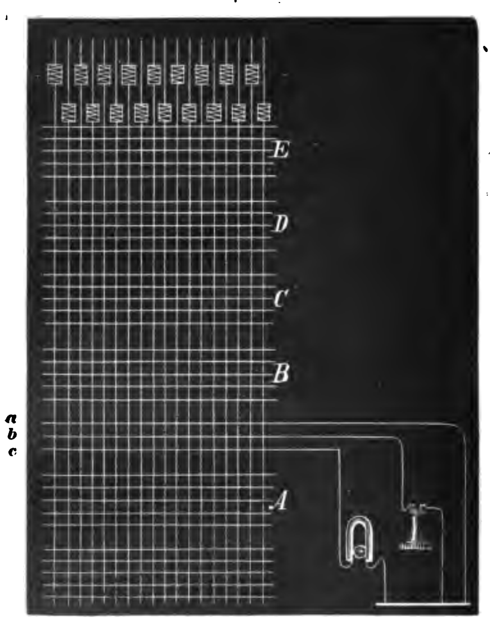
Wenn der Stöpsel auf irgend einem verticalen Stabe von der Ruhelage *a* in die Sprechlage auf dem horizontalen Streifen *b* versetzt wird, so ist dadurch der Sprechapparat der Centralstation mit der betreffenden Abonnentenleitung verbunden und der telephonische Verkehr zwischen beiden hergestellt. Wird der Stöpsel in die Ruflage auf den Stab *c* versetzt, so gelangt der vom eingeschalteten Generator herkommende Strom durch die Abonnentenleitung zum Wecker der betreffenden Station und setzt diesen in Thätigkeit.

Wenn irgend ein Abonnent A. eine Verbindung mit einem anderen B. zu erhalten wünscht, so sendet er mit seinem Aufrufapparat einen Stromimpuls in die Leitung, in Folge deren die Scheibe der ihm zugetheilten Klappe



auf der Centralstation fällt. Der Beamte hat sich nun mit dem aufrufenden Theilnehmer in Verbindung zu setzen, und steckt zu diesem Zwecke den Stöpsel auf dem Stabe *A* von der Ruhelage in die Sprechlage. Angenommen, es werde der Theilnehmer B. verlangt. Der Beamte

Fig. 86.



ruft diesen auf, indem er während einigen Secunden den Stöpsel auf dem Stabe *B* von der Ruhelage in die Ruflage versetzt. Hierauf werden beide Stöpsel auf einen freien horizontalen Stab gebracht, womit die Theilnehmer miteinander verbunden sind und das Gespräch ohneweiters beginnen kann. Ist dasselbe beendigt, so muss

die Centralstation hiervon benachrichtigt werden, da sonst die Verbindung bestehen bleiben würde. Indem der aufrufende Theilnehmer A. nach Schluss der Conversation einen kurzen Strom in die Linie sendet, fallen die Klappen auf der Centralstation zum zweitenmale, woraus der Beamte ersieht, dass die Verbindung nicht mehr nöthig ist; er hebt dieselbe auf, indem er die beiden Stöpsel wieder in die Ruhelage zurückversetzt.

Da es sich bei den Telephoneinrichtungen immer um eine sehr grosse Zahl von Linien handelt, hat sich die Form der Linienwechsel, wie sie in der Telegraphie gebräuchlich ist, bald als zu schwerfällig und unbehilflich gezeigt. Man hat sie auf verschiedene Weise modificirt. Bei der Construction dieser Apparate muss man vor Allem darauf hinzielen, dieselben möglichst leicht und compact zu gestalten. Daneben müssen sie eine sichere und leichte Handhabung gestatten, und bei der grossen Zahl von Linien vor allen Dingen möglichst übersichtlich angeordnet werden.

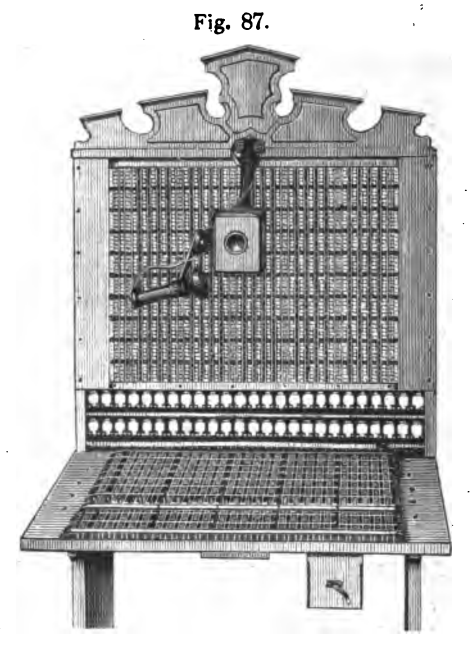
Als Typus dieser Apparate wollen wir denjenigen etwas näher beschreiben, welcher von dem amerikanischen Elektrotechniker Gilliland erfunden wurde, und der von allen Apparaten dieser Art die grösste Verbreitung erreicht hat.

Fig. 87 giebt die Gesammtansicht dieses Wechselpultes. Es besteht aus einem horizontalen Tische und einem verticalen Aufsatze. Beide so gebildeten Flächen sind mit einem System von horizontalen und verticalen Schienen besetzt, welche aus hart gehämmerten 5 Millimeter breiten und $^1/_2$ Millimeter dicken Messingstreifen gebildet werden. Die horizontalen Streifen sind U-förmig gebogen und in Abtheilungen von je 5 sowohl auf der



horizontalen als auf der verticalen Tafel festgeschraubt. Fig. 88 zeigt einen Theil einer so besetzten Tafel. In die Einbuchtungen, welche durch die wellenförmig gebogenen horizontalen Streifen gebildet werden, ist das zweite System von verticalen Schienen eingezogen. Die

Fig. 87.

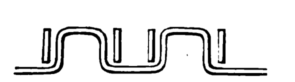


letzteren sind, zwischen horizontalen Holzleisten befestigt, auf die Kante gestellt, wodurch sie an den Kreuzungsstellen mit dem ersten Schienensystem einen kleinen Zwischenraum bilden (Fig. 89). Um Contact zwischen einem horizontalen und einem verticalen Streifen herzustellen, wird zwischen diesen Zwischenraum ein Stöpsel (Fig. 89) eingepresst, welcher aus zwei gegeneinander federnden

Metallstreifen, die an ein Ebonitplättchen festgenietet sind, besteht; um die Contactkraft zu erhöhen, wird

Fig. 88

Fig. 89.





der Zwischenraum zwischen beiden Federn durch einen Kautschukpfropfen ausgefüllt.

Ein jedes Pult ist für 50 Liniendrähte bestimmt und enthält daher auf der horizontalen und verticalen Tafel 50 einander entsprechende verticale Streifen. Zwischen diesen Tafeln sind in zwei Reihen zu je 25 die 50 Aufrufklappen angeordnet (Fig. 87). Die 50 Liniendrähte werden mit dem Pult durch 50 Contactklemmen verbunden, welche auf der oberen Kante des Aufsatzes angeordnet sind. Die Contactklemmen sind gewöhnlich noch mit einer Blitzschutzvorrichtung versehen. Von jeder dieser Klemmen führt ein Draht zu dem einen Ende der Elektromagnetwindungen der entsprechenden Aufrufklappe; das andere Ende derselben ist durch je einen Draht mit dem zugehörigen Streifen sowohl der horizontalen als der verticalen Tafel verbunden. Der leichteren Uebersicht halber sind die horizontalen Streifen in Felder zu je 5 eingetheilt, welche durch schmale Holzleisten von einander getrennt werden. Auf der unteren Platte sind die horizontalen Streifen für die Erdleitung, den Sprechapparat des Beamten und den Generator zum Aufruf angebracht, wie dies in Fig. 86 angedeutet ist.

Es genügt nun aber nicht, dass die Drähte, welche an einem Pulte endigen, miteinander verbunden werden können, sondern es müssen überhaupt alle in die Centralstation einlaufenden Drähte, auch wenn sie an verschiedenen Pulten ausmünden, untereinander sich verbinden lassen. Zu diesem Zwecke sind nun noch die verschiedenen Pulte selbst in Beziehung zu setzen. Das wird so erreicht, dass die einzelnen fünf horizontalen Streifen, welche zusammen ein Feld bilden, mit einem ebensolchen Felde an einem anderen Pulte durch Drähte miteinander verbunden werden. Fangen wir z. B. beim ersten Pulte (Fig. 86) an, so finden wir auf der horizontalen Tafel unten erst

zwei Felder *A* von je fünf Streifen, welche isolirt bleiben, und welche für die Verbindungen zwischen den einzelnen Drähten dieses Pultes selbst reservirt sind. Nach diesen Feldern kommen die drei speciellen Streifen *a, b, c,* welche für den Dienst der Centralstation bestimmt sind, die Sprech-, Ruf- und Erdstreifen. Die folgenden Felder haben den Zweck, die Verbindung der einzelnen Pulte untereinander zu vermitteln. Die ersten fünf Streifen *B* des ersten Pultes sind mit den Streifen des entsprechenden Feldes am zweiten Pulte verbunden. Ist daher z. B. Nr. 49 mit Nr. 51 zu verbinden, so werden die entsprechenden Stöpsel auf irgend einen der fünf Streifen dieser Felder, etwa den untersten gesteckt. Ebenso sind die fünf Streifen des folgenden Feldes *C* am ersten Pulte mit dem dritten Pulte verbunden. Numerirt man die einzelnen aufeinanderfolgenden Pulte mit *A, B, C, D, E, F* u. s. w., und ebenso die verschiedenen Felder eines jeden Pultes von unten angefangen wie dies in der Fig. 86 angedeutet ist, wobei immer der Buchstabe des betreffenden Pultes selbst wegzulassen ist, so werden immer die einzelnen Streifen der Felder mit gleichen Buchstaben miteinander verbunden. Man erreicht dadurch, dass von jedem Pult zu jedem anderen fünf specielle Leitungen führen. Ein einzelnes Pult hat auf der horizontalen und verticalen Tafel im Ganzen 18 Felder zur Verbindung mit anderen Pulten. Es können daher auf einer Centralstation 19 Gestelle für zusammen 950 Drähte aufgestellt werden.

Es giebt noch verschiedene andere Pultsysteme, welche ähnlich construirt sind, aber sich durch eine verschiedene Form der Klappen, der Verbindungsstreifen und der Stöpsel unterscheiden, z. B. das System von Williams, welches in Amerika einige Verbreitung gefunden



hat. Alle Pultsysteme haben einen grossen Nachtheil. Wenn in grossen Centralstationen viele derselben zusammengestellt werden, so ist es den Beamten fast unmöglich, eine Uebersicht zu behalten und zu wissen, welche horizontalen Streifen an den verschiedenen weit auseinanderliegenden Pulten besetzt sind und sich entsprechen. Es geschieht dann leicht, dass mehr als zwei Drähte auf ein und demselben Streifen verbunden werden, oder dass zwei Drähte, welche miteinander zu verbinden sind, auf zwei ganz verschiedene Streifen gesteckt werden. Namentlich das letztere ist sehr fatal, weil ein solcher unrichtig verbundener Draht ohne Erdleitung und daher isolirt ist. Der betreffende Theilnehmer kann die Centralstation nicht mehr aufrufen und bleibt vom Verkehr abgeschnitten, bis der Beamte zufällig seinen Irrthum bemerkt.

Die Ursache, welche diesen Uebelstand so sehr begünstigt, liegt darin, dass dem Beamten eine sehr grosse Zahl von Verbindungsstellen zur Disposition stehen. Es giebt an jedem Pulte nämlich $50 \times 22 = 1100$ Kreuzungsstellen, viel mehr, als wirklich nothwendig sind.

Diesen Uebelstand vermeidet ein zweites System von Umschaltapparaten, bei dem die Verbindungen nicht durch Schienen und Stöpsel, sondern durch Leitungsschnüre hergestellt werden. Es besitzt jeder Draht neben der zugehörigen Klappe eine Contactvorrichtung, welche in einem Stöpselloch oder einer Klinke besteht. Die Verbindung zweier Drähte geschieht derart, dass die entsprechenden Klinken durch eine Leitungsschnur miteinander verbunden werden. Auf diese Weise sind statt der vorigen 1100 nur 50 Verbindungsstellen an einem Gestelle für 50 Linien nöthig, und es ist daher ein Irrthum nach dieser Seite hin auf ein Minimum beschränkt.

Allerdings müssen für die Verbindung der Gestelle unter sich ebenfalls eine gewisse Anzahl Klinken disponirt werden, aber hiefür genügen etwa 20 bis höchstens 50, so dass die Zahl der Verbindungsstellen für beide Systeme immer noch im Verhältniss von 1 zu 10 steht.

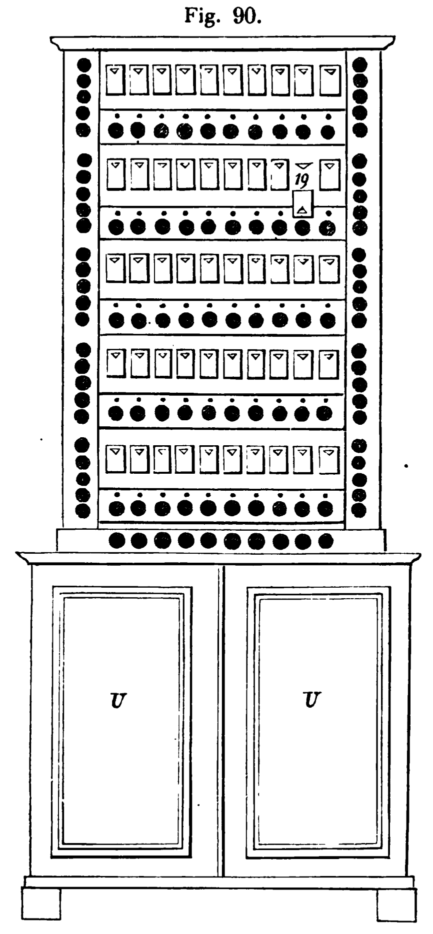
Wir beschreiben im Nachfolgenden den Klappenschrank, welcher bei den Fernsprechanlagen der deutschen Reichstelegraphenverwaltung in Verwendung steht. Auf einem Schrank *U* (Fig. 90), welcher zur Unterbringung der Batterien dient, steht ein Aufsatz, welcher 1·06 Meter hoch, 0·66 Meter breit und 0·13 Meter tief ist. Derselbe ist durch Querleisten derart eingetheilt, dass fünf Längsfächer entstehen. Diese dienen zur Aufnahme der Elektromagnete, welche die in Fig. 83 dargestellte Einrichtung haben, bei denen also die Regulirung durch eine Blattfeder geschieht. In jeder Reihe haben 10 solcher Elektromagnete, im ganzen Schrank 50 Platz. Unterhalb einer jeden Klappe hat die Holzleiste eine mit Messingfutter versehene Bohrung, welche mit der gleichen Nummer wie die Platte der Klappe bezeichnet ist.

Hinter jeder Bohrung ist eine Klinke angeordnet, welche aus dem Messingwinkel *u* und der auf demselben ruhenden Contactfeder *v* (Fig. 91) besteht. Der Messingwinkel ist mit der Erde, die Contactfeder mit dem Elektromagnet verbunden. Es führt daher jede Leitung von der Blitzplatte, der Contactklemme auf der Kante des Schrankes, und den Elektromagnetwindungen durch die Klinke in die Erde.

Der das Ende der Verbindungsschnur bildende Stöpsel wird von einem Metallcylinder gebildet, welcher aus einer Ebonithülse herausragt und in derselben durch eine Schraube festgehalten wird. Die Leitungsschnur

selbst ist aus dünnen Metalldrähten zusammengeflochten und mit Seide oder Wolle sorgfältig umsponnen. Wird

Fig. 90.



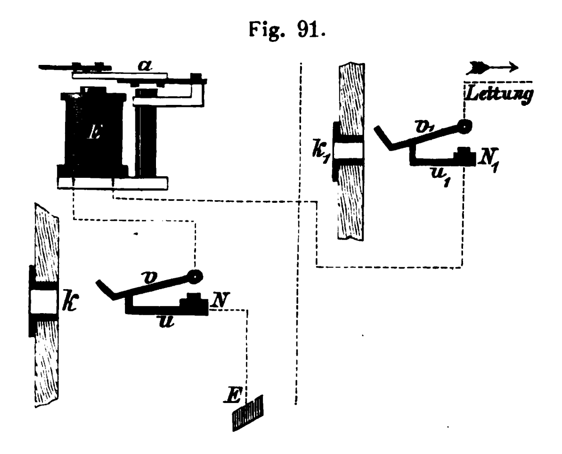
der Stöpsel in eine Bohrung eingesetzt, so hebt er di Contactfeder von der Erdleitung ab, und stellt zugleich

die Verbindung zwischen Schnur und Linie her. Sind demnach die Sprechstellen *A* und *B* miteinander zu verbinden, so hat der Beamte blos das eine Ende der Leitungsschnur in die Bohrung *A*, das andere Ende in die Bohrung *B* einzusetzen. Es führt dann die Leitung von der Linie *A* durch die Klappe und Klinke *A* über die Leitungsschnur zur Klinke und Klappe *B*, welche letztere an die Linie *B* angeschlossen ist. Es ist nun nicht nöthig, dass beide Klappen *A* und *B* in die Leitung eingeschaltet bleiben, eine Klappe genügt zum Abmelden; dagegen ist es wünschenswerth, möglichst wenig Drahtspiralen in der Linie zu haben, sowohl um unnöthigen Widerstand als auch um schädliche Retardation zu vermeiden. Um zu erreichen, dass nur je eine Klappe angeschlossen bleibt, führt die Leitung von der Contactklemme am oberen Rande des Gestelles nicht direct zum Elektromagnet der Klappe, sondern erst zu einem weiteren Stöpselloch, welches im Holzrahmen des Schrankes angebracht ist, und welches genau die gleiche Form hat, wie das unter der Klappe befindliche. Fig. 91 zeigt das Schema der Verbindung der zwei Stöpsellöcher mit der Klappe. Die Leitung führt von der Contactklemme erst zu der Klinke N_1 im Rahmen des Schrankes, von dieser zu den Elektromagnetwindungen, und von da endlich durch die Klinke N unterhalb der Klappe in die Erde. Je nachdem nun der Stöpsel der Leitungsschnur in die Bohrung k oder k_1 eingesetzt wird, ist die Klappe ein- oder ausgeschaltet, und wenn von der einen Linie das erste Stöpselloch benützt wird, und von der anderen das zweite, so befindet sich je nur eine Klappe in der Leitung.

Es ist noch nöthig zu zeigen, wie verschiedene Klappenschränke miteinander verbunden werden können.

Am unteren Ende eines jeden Schrankes finden sich zehn weitere Stöpsellöcher mit Klinken, welche mit den entsprechenden Löchern der anderen Klappenschränke verbunden sind. Es sind z. B. am ersten Klappenschrank die zwei ersten Klinken mit den entsprechenden Klinken am zweiten Schrank verbunden, die zwei folgenden mit solchen am dritten Gestell u. s. w. Dadurch ist aber nur eine sehr beschränkte Zahl von

Fig. 91.



Verbindungen möglich. Man hat sich daher noch auf einem anderen Wege beholfen. Neben jedem Schrank hängen eine bestimmte Anzahl von Stöpselschnüren von verschiedenen Farben, z. B. neben dem ersten Schrank fünf blaue, fünf rothe, fünf grüne und fünf weisse Schnüre. Eine entsprechende Anzahl von Schnüren hängt neben jedem anderen Schranke. Es sind nun die bezüglichen Schnüre gleicher Farbe miteinander verbunden, und es dienen z. B. die blauen Schnüre zur Verbindung

des ersten und zweiten Schrankes, die rothen zur Verbindung des ersten und dritten Schrankes u. s. w. Wenn der erste Schrank mit dem zweiten eine Verbindung herzustellen hat, z. B. Nummer 30 mit Nummer 60, so ruft der Beamte „Nr. 60 erste blaue", oder sofern dieselbe schon verwendet ist: „Nr. 60 zweite blaue". Mit der Zahl Schränke wächst natürlich auch die Anzahl dieser Schnüre erheblich.

Zur Vermittlung des Verkehrs der Centralstation mit den Sprechstellen ist ein vollständiger Sprechapparat mit einer besonderen Klinke des Klappenschrankes verbunden. Es kann daher dieser Apparat mit Hilfe einer Leitungsschnur mit jeder beliebigen Abonnentenleitung verbunden werden, sowohl um mit demselben zu sprechen als um ihn aufzurufen.

Bei den Klappenschränken können nun Irrungen nicht mehr so leicht vorkommen wie an den Pulten mit Contactschienen. Höchstens kann eine Schnur in unrichtige Klinkenlöcher gesteckt werden, was sich aber bei gehöriger Aufmerksamkeit leicht vermeiden lässt. Immerhin ist die Bedienung dieser Klappenschränke etwas mühsam, namentlich wenn mehrere Klappenschränke miteinander verbunden sind. Ausserdem wird, wenn viele Verbindungen an ein und demselben Schrank hergestellt sind, ein Theil der Klappen von den Schnüren verdeckt und dem Auge des Beamten unsichtbar. Es können dann leicht Verwicklungen und Verwechslungen der Schnüre oder der Bohrungen vorkommen.

Diese Nachtheile beseitigt zum grossen Theil das Modell des Schrankes, welches von der Western Electric Company in Amerika adoptirt wurde, und auch in Europa eine ziemliche Verbreitung gefunden hat (Schweiz, Bayern,



England). Es unterscheidet sich von dem deutschen Klappenschrank in zwei principiellen Punkten: einmal befindet sich die Klinke nicht jedesmal unter der zugehörigen Klappe, sondern die Klappen und die Bohrungen liegen in zwei ganz von einander getrennten Feldern. Es wird dadurch ein Verdecken der Klappen durch die Schnüre unmöglich gemacht. Der zweite Unterschied liegt in dem eigenthümlichen Apparat für die Verbindung der Abonnenten und zum Verkehr derselben mit der Centralstation, wodurch der Dienst der letzteren sehr vereinfacht und erleichtert, und daher die zur Herstellung einer Verbindung nöthige Zeit abgekürzt wird.

Fig. 92.

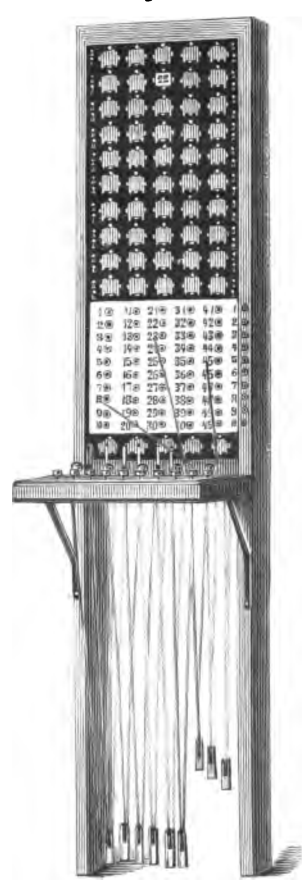
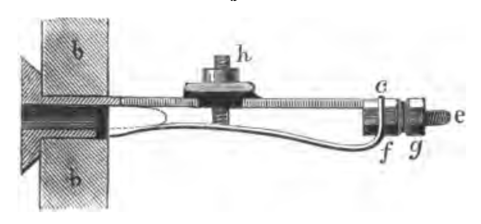


Fig. 92 gibt eine allgemeine Ansicht des Wechselgestelles für 50 Abonnenten. Im oberen Theile des Gestelles sind die 50 Klappen in 10 Reihen von je 5 angeordnet. Die Klappen haben die in Fig. 84 dargestellte Construction, und benutzen daher als Gegenkraft die Schwere des Ankers. Sie zeichnen sich durch eine

sehr einfache und gedrängte Bauart aus. Unterhalb der Tafel mit den Klappen liegt das Feld, in welchem die Stöpsellöcher ebenfalls in 10 Reihen zu je 5 angeordnet sind. Ein solches Stöpselloch, wie es in Fig. 93 dargestellt ist, besteht aus einem Metallkörper, welcher an seinem vorderen Ende eine cylindrische Bohrung bildet, an seinem hinteren Ende eine Schraube *e* mit zwei Muttern *f* und *g* trägt. In der Mitte dieses Metallkörpers ist eine Schraubenspitze, *h*, der Contactstift, isolirt von dem übrigen Körper befestigt. Gegen

Fig. 93.



diesen Stift presst eine Metallfeder, *c*, die Contactfeder, welche von einer der Schraubenmuttern am Ende des Metallkörpers festgehalten wird. Der Draht des Abonnenten ist zwischen die Schraubenmuttern festgeklemmt. Vom Contactstift *h* führt der Draht zum Elektromagnet der Klappe, und von da zur Erde. Sobald nun der Stöpsel einer Contactschnur in die Bohrung *A* eingesetzt wird, so trennt er die Feder von dem Contactstift, und verbindet die Linie des Abonnenten *A* durch die Contactfeder mit der Contactschnur. Wenn auch der zweite Stöpsel der Schnur in gleicher Weise in eine zweite Bohrung *B* eingesetzt wird, so sind die beiden

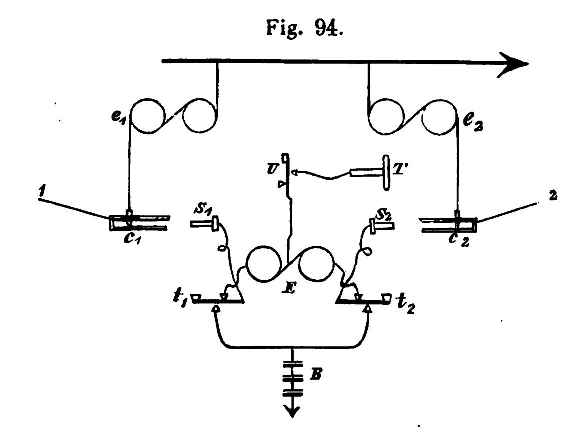
Leitungen *A* und *B* durch die Contactschnur direct miteinander verbunden.

Wie wir schon hervorgehoben haben, wird durch Einsetzen des Stöpsels der Contactstift isolirt und die Leitung nach den Aufrufklappen unterbrochen. Dieselben sind daher ausgeschaltet, die verbundenen Sprechstellen können nicht abmelden, und die Centralstation kann nicht beurtheilen, ob eine Verbindung aufzuheben sei oder nicht. Das Abmelden der Verbindungen ist aber für die Durchführung eines prompten Dienstes unbedingt nothwendig. Um das zu ermöglichen, wird die Leitungsschnur in der Mitte entzwei geschnitten, und zwischen diese Hälften eine sogenannte Schlussklappe von ähnlicher Construction wie die Aufrufklappen eingeschaltet. Diese Schlussklappen, fünf an der Zahl, sind, wie aus der Fig. 92 ersichtlich, unterhalb den Stöpsellöchern angeordnet. Auf einer Console sind den 5 Schlussklappen entsprechend 5 Paar Stöpsel aufgestellt. Die mit ihnen verbundenen Schnüre reichen unter die Console und werden durch angehängte Gewichte stets straff gespannt gehalten, um Verwickelungen zu vermeiden. Ausserdem sind noch verschiedene Contactvorrichtungen nöthig, um den Sprechapparat der Centralstation einzuschalten, und um die verbundenen Sprechstellen aufzurufen. Fig. 94 stellt die mit einer Schlussklappe versehenen Schnüre und Taster schematisch dar. Eine solche vollständige Einrichtung zur Herstellung von Verbindungen nennen wir einen Connector. In Fig. 94 ist die Schlussklappe mit *E* bezeichnet. Die beiden Enden derselben führen je zu einem Tastercontact t_1 und t_2. Der Körper derselben ist mit der einen Hälfte der Leitungsschnur verbunden, und berührt für gewöhnlich den Contactpunkt der

Schlussklappe Ein zweiter Contactpunkt steht mit einer Batterie *B* oder einem anderen elektrischen Generator in Verbindung. Zwischen den Spulen der Schlussklappe ist eine Nebenleitung mit einem Taster *U* eingeschaltet, welcher zu einem Sprechapparat *T* führt.

Wenn die Sprechstelle *A* aufruft, so steckt der Beamte einen Stöpsel in das entsprechende Loch *A* und

Fig. 94.



drückt den Taster *U* abwärts, wodurch er seinen Sprechapparat mit *A* verbindet, und dessen Wunsch entgegennehmen kann. Wünscht dieser den Abonnenten *B* zu sprechen, so steckt der Beamte den zweiten Stöpsel desselben Connectors in das Loch *B*, drückt einen Moment auf den Taster t_2, wodurch der Generator an die Leitung *B* angeschlossen wird, um die gewünschte Sprechstelle aufzurufen. Hiermit ist die Thätigkeit des Beamten beendigt. Der aufgerufene Theilnehmer nimmt sein Telephon an das Ohr, und die Unterhaltung kann ohneweiters be-

ginnen. Ist dieselbe beendigt, so gibt der Abonnent, welcher aufgerufen hat, das Schlusszeichen, wodurch die Schlussklappe des Connectors fällt und dem Beamten der Centralstation anzeigt, dass die Verbindung aufgehoben werden kann.

Sollte ein Theilnehmer vergessen, sich abzumelden, so kann sich der Beamte stets vergewissern, ob die Verbindung noch benützt wird, indem er durch Niederdrücken des Tasters *U* sich an die Leitung anschliessen kann.

Die einzelnen Gestelle sind sehr schmal, blos 35 Centimeter breit, so dass eine Schnur auf beiden Seiten bis zum dritten Gestell reicht, und daher die Abonnenten an fünf Gestellen von der Mitte aus direct verbunden werden können. Für die weiter entfernten Gestelle, welche so nicht zu erreichen sind, befinden sich auf beiden Seiten Stöpsellöcher in den Holzrahmen eingelassen, die sogenannten Localstöpsellöcher. Die an den verschiedenen Gestellen vorhandenen Localstöpsellöcher sind untereinander verbunden, gewöhnlich so, dass die gleichgelegenen Löcher aller Gestelle durchgehend aneinander geschlossen sind. Um zwei Linien an weit auseinanderliegenden Gestellen miteinander zu verbinden, werden die Stöpsel an den beiden Gestellen in entsprechende Löcher gesteckt. Es ist dann an jedem Gestell eine Schlussklappe eingeschaltet. Will man das Einschalten von zwei Schlussklappen in eine Verbindung vermeiden, so kann man am ersten Gestell durch eine einfache Leitungsschnur den Abonnenten *A* mit dem Localstöpselloch *l* verbinden, und dann am zweiten Gestell das Localstöpselloch *l* mit der Linie *B* auf die gewöhnliche Weise mit einem Connector. Es ist dann



nur am letzteren Gestell eine Schlussklappe eingeschaltet.

Fig. 95 zeigt die in Frankreich gebräuchliche Klinke von Sieur, deren Construction ohneweiters verständlich sein wird. Die mit der Linie verbundene Metallfeder f presst den Contactkörper auf die Platin-

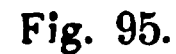
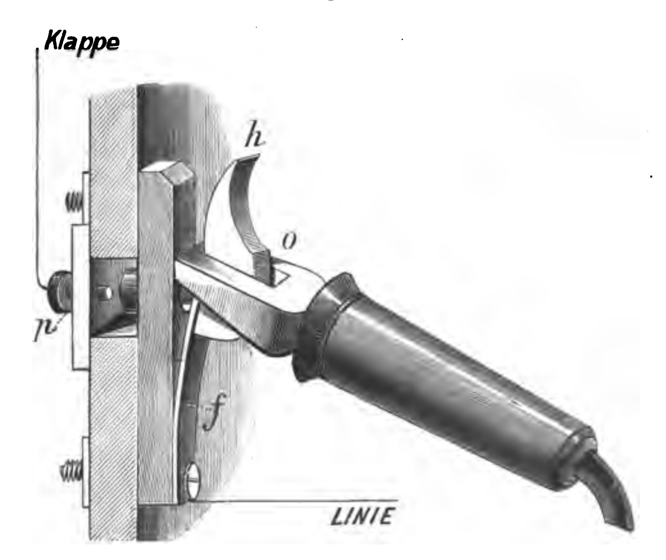


Fig. 95.



spitze p, welche zur Klappe führt. Wird aber die mit der Leitungsschnur verbundene Oese o über den Hacken h angeschoben, so wird diese Verbindung unterbrochen, die Linie führt über f h o zur Schnur. Die übrige Anordnung der französischen Gestelle ist im grossen und ganzen ähnlich, wie bei den eben betrachteten amerikanischen; doch besitzen sie keine

Connectoren. Jeder Draht endigt dagegen in zwei Klinken, und der Dienst macht sich ähnlich wie bei dem deutschen Klappenschrank.

Der Vortheil der eben betrachteten Gestelle mit Schnurverbindungen gegenüber den Pulten mit Contactschienen liegt hauptsächlich darin, dass einerseits die Anzahl der Contactstellen auf die unbedingt nothwendige Zahl reducirt, andererseits durch gedrängten Bau die Uebersichtlichkeit erhöht wird. Wird aber die Zahl der Gestelle sehr gross, so verliert der Beamte auch hier die Uebersicht, besonders wenn nicht alle Gestelle in einer Reihe aufgestellt werden können. Es kann dann auch hier geschehen, dass aus Versehen die zu verbindenden Linien auf zwei nicht miteinander verbundene Klinken gesetzt werden.

Um diesen Fehler zu erschweren, kann man bei einer grösseren Zahl von Gestellen dieselben in Gruppen theilen, und einer jeden Gruppe eine bestimmte Serie von Localstöpsellöchern zutheilen. Bei 10 Gestellen würde man z. B. zwei Gruppen bilden; jedes Gestell erhielte 20 Löcher, von denen die eine Serie von 10 Löchern für die Verbindungen mit den zur gleichen Gruppe gehörigen Gestelle, und die zweite Serie für die Verbindungen mit der zweiten Gruppe reservirt wäre. Man gewinnt durch dieses Vorgehen etwas an Uebersichtlichkeit, aber es ist schwierig, die nöthige Anzahl von Localstöpsellöchern anzubringen, um alle verlangten Verbindungen immer sofort ausführen zu können.

So vortheilhaft daher auch das System für kleinere Centralstationen sich erweist, so wird es doch unzureichend, sobald die Zahl der angeschlossenen Linien etwa 500 übersteigt, und wir müssen uns für diese Fälle

nach etwas Vollkommenerem umsehen. Der eine Weg, welchen man betreten hat, um diese Schwierigkeit zu umgehen, besteht darin, die Drähte auf mehrere Centralstationen zu vertheilen, und diese auf dieselbe Weise untereinander zu verbinden, wie die Gestelle einer einzelnen Centralstation. Diese Methode ist aber, wie wir an einem anderen Orte schon ausgeführt haben, sehr schlecht. Sie erschwert, verlangsamt und vertheuert zugleich den Betrieb.

Wir wollen nochmals kurz das Gemeinsame der bis jetzt betrachteten Umschaltvorrichtungen zusammenfassen, und das denselben anhaftende Unvollkommene hervorheben, um die dagegen zu treffende Abhilfe besser verstehen zu können.

Jedem Umschaltapparat ist eine bestimmte Gruppe von Drähten, gewöhnlich 50, zugetheilt. Ein solcher für 50 Drähte construirter Apparat bildet ein abgeschlossenes Ganzes, und hat einen besonderen Beamten zu seiner Bedienung. Es ist aber dem Beamten nur möglich, mit den 50 Abonnenten zu verkehren, welche an seinem Apparate ausmünden, mit den übrigen kann er nicht direct verkehren. Wenn er eine Linie seines Apparates mit einem Drahte verbinden soll, welcher an einem anderen Apparate ausmündet, so kann er diese Verbindung nicht selbst herstellen, sondern er muss sich hiefür an denjenigen Beamten wenden, welcher den betreffenden Apparat zu besorgen hat. Je zwei Gestelle sind durch eine oder mehrere Leitungen miteinander verbunden, und wenn nun der Beamte seine Linie an die Linie einer anderen Gruppe anzuschliessen hat, so verbindet er dieselbe erst mit der Leitung, welche zu jenem zweiten Gestelle führt, was aber schon voraus-

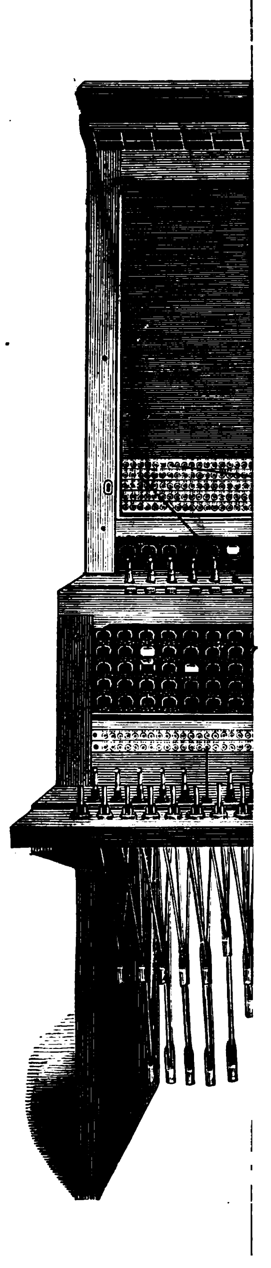


setzt, dass er weiss, an welchem Gestelle die verlangte Linie ausmündet; das hat aber bei grossen Centralstationen seine Schwierigkeit. Man umgeht dieselbe, wenn man die Abonnenten nicht durch ihre Namen, sondern durch ihre Klappennummern aufrufen lässt. Dann weiss der Beamte, dass der Abonnent Nr. 444 am neunten Gestelle sich findet, und er kann in Folge dessen die Verbindung nach demselben sofort ausführen.

Es muss nun noch dem betreffenden Beamten, welcher jenen Apparat zu besorgen hat, entsprechende Mittheilung gemacht werden, damit er das Weitere besorge. Diese Verständigung ist der wundeste Punkt des ganzen Systems. Sie kann entweder mündlich oder schriftlich erfolgen. Bei einer mündlichen Verständigung entsteht auf grösseren Centralstationen ein ganz unerträglicher Lärm. Schon der Verkehr der Beamten mit den Abonnenten wird bei lebhafter Benützung recht störend. Wenn nun aber die Gestelle weit auseinanderliegen und ein lautes Rufen der Beamten untereinander noch nöthig ist, so wird eine Verständigung zuletzt fast unmöglich.

Man kann einen Theil dieses Lärmes vermeiden, wenn man den schriftlichen Verkehr der Beamten untereinander einführt. Der verlangte Abonnent wird auf einen Zettel geschrieben, und dem anderen Beamten entweder direct oder durch einen besonderen Gehilfen zugestellt. Aber auch dieses Vorgehen hat seine grossen Schattenseiten. Der Dienst wird sehr verlangsamt und die Zahl der nöthigen Beamten vermehrt. Durch das Schreiben, Vertragen und Lesen der Zettel geht viel Zeit verloren. Ausserdem können Irrungen vorkommen durch schlechtes Schreiben oder irriges Lesen, so dass auch diese Methode principiell ebenfalls höchst unvollkommen ist.





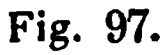
Das Multipelgestell.

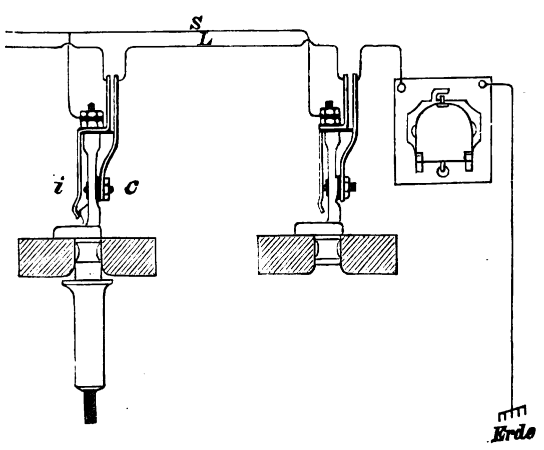
Wie wir eben auseinandergesetzt haben, liegt der wunde Fleck der bis jetzt betrachteten Wechseleinrichtungen in der Verbindung der verschiedenen Apparate untereinander, und in der Herstellung der Verbindung zweier Linien, welche nicht an demselben Apparate ausmünden. Das in Amerika erfundene Multipelgestell vermeidet diese Schwierigkeit, indem dasselbe gestattet, an jedem Gestelle die Verbindungen nicht nur zwischen denjenigen Drähten auszuführen, welche demselben zugetheilt sind, sondern zwischen allen Drähten, welche überhaupt auf der Centralstation einmünden, und zwar direct, ohne dass der eine Beamte sich an einen anderen zu wenden hätte. Die einlaufenden Linien sind zwar wieder in Gruppen, und zwar von je 200, vereinigt, aber an jedem Gestell für 200 Linien finden sich zugleich Contactvorrichtungen für alle übrigen Drähte; es sind zudem die Contactvorrichtungen, welche ein und derselben Linie an den verschiedenen Gestellen entsprechen, leitend miteinander verbunden, und dadurch wird jeder Beamte in die Möglichkeit versetzt, an seinem Gestelle alle verlangten Verbindungen selbst ohneweiters herzustellen. Das Multipelgestell, von dem Fig. 96 eine Gesammtansicht giebt, besteht aus drei verschiedenen Bestandtheilen, den Stöpsellöchern, den Klappen und den Connectoren.

Die Stöpsellöcher sind von ähnlicher Bauart wie die auf Seite 199 beschriebenen des amerikanischen Wechselgestelles. Fig. 97 zeigt zwei solcher, das eine mit dem eingesteckten Stöpsel. Der Metallkörper ist auf der einen Seite von einem cylindrischen Ringe be-



grenzt, welcher zur Aufnahme des Stöpsels dient, auf der anderen Seite von zwei Schraubenmuttern, zur Festklemmung des Liniendrahtes. An dem Körper sind durch Ebonit von demselben isolirt zwei Contactstücke angebracht, welche zur Aufnahme je eines Leitungsdrahtes bestimmt sind. Das eine steht mit einer Metallfeder i in Verbindung, wir wollen diese die isolirte Feder nennen. Das andere Stück führt zu einem Con-

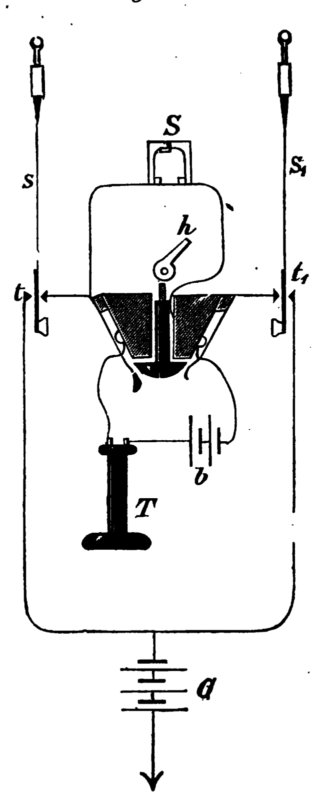

Fig. 97.



tactstift c, auf welchem die isolirte Feder aufliegt. Es führen also zu jedem Stöpsel drei verschiedene Leitungen, eine zur isolirten Feder, eine zum Contactstift und eine zum Metallkörper. Die Bedeutung dieser Leitungen werden wir später kennen lernen, und wollen nur noch bemerken, dass durch Einsetzen des Stöpsels die isolirte Feder von dem Contactstift abgehoben, dafür aber durch den Stöpsel mit dem Metallkörper verbunden wird.

Auch die Klappen sind von ähnlicher Construction wie die des früher beschriebenen Gestelles, nur von sehr gedrängter Form. Eine einzelne Klappe beansprucht einen Raum von blos 25 Millimeter Höhe und 30 Millimeter Breite.

Fig. 98.



Von den Connectoren giebt Fig. 97 ein Schema. Jeder derselben besteht aus zwei Stöpselschnüren *s* und s_1, welche zwischen sich die Schlussklappe *S* einschliessen. Die Taster *t* und t_1, welche mit einer Batterie oder einem anderen elektrischen Generator *G* in Beziehung stehen, ermöglichen das Aufrufen. Der Sprechapparat *T* kann durch einen excentrischen Hebel *h* statt der Schlussklappe eingeschaltet werden. Neben dem Sprechapparat ist noch eine Batterie *b* angeschlossen, über deren Zweck wir später ins klare kommen werden.

Die Anordnung des Gestelles variirt bei den verschiedenen Ausführungen etwas, doch bleibt das Princip immer dasselbe. Eine der neueren Anordnungen zeigt Fig. 96. Den mittleren Raum nehmen die 200 Aufrufklappen ein, welche zu je 50

in einem hölzernen Rahmen vereinigt sind. Unterhalb dieser Klappen finden sich die ihnen zugehörigen 200 Stöpsellöcher, welche wir zum Unterschied anderer, von denen wir gleich sprechen werden, Localstöpsellöcher nennen wollen. Unter diesen endlich findet sich eine Console, auf welcher die Taster zum Läuten und Sprechen angebracht sind. In der vorderen Reihe bemerkt man die Hebel, durch welche die Sprechapparate in die Leitung angeschlossen werden können. Das abgebildete Gestell besitzt 40 Connectoren. Wir bemerken daher auch 40 Tastersysteme, welche zu je 10 abgetheilt und einem besonderen Beamten zugewiesen werden. Es besitzen daher auch je 10 Connectoren einen gemeinschaftlichen Sprechapparat, welcher auf der Figur nicht gezeichnet ist. Hinter den Tastern findet sich je eine Stöpselschnur der Connectoren. Die Schnüre reichen unter die Console hinunter und werden durch Laufgewichte gespannt gehalten. Die zweite Stöpselschnur steckt in dem Gesimse oberhalb der Klappen. Ueber diesem Gesimse erhebt sich ein Aufsatz, welcher zu unterst die 40 Schlussklappen der Connectoren enthält; darüber befinden sich leere Tafeln, welche zur Aufnahme der Stöpsellöcher aller in die Centralstation einmündenden Linien bestimmt sind, und welche wir zum Unterschied von den Localstöpsellöchern Linienstöpsellöcher nennen wollen.

In der Fig. 96 sind erst 400 solcher montirt, es haben aber im Ganzen 3000 Platz, und können je nach Bedürfniss der Reihe nach eingestellt werden.

Ein jeder in die Centralstation einlaufende Draht hat an jedem Gestell ein Linienstöpselloch. Ausserdem hat

er an einem bestimmten Gestelle ein Localstöpselloch und eine Aufrufklappe. Diese verschiedenen Apparate müssen noch richtig verbunden werden und wir wenden uns nun zur Betrachtung des Stromlaufes.

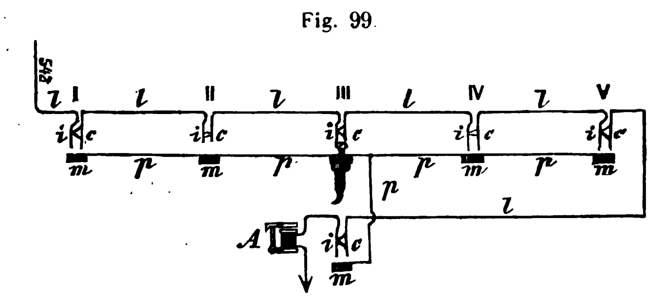
Die Gestelle, welche eine Centralstation bilden sollen, werden womöglich alle in einer Reihe aufgestellt. Dann werden alle Linienstöpsellöcher der verschiedenen Gestelle, welche dieselbe Nummer tragen, miteinander verbunden, und zwar in der Art, dass der Contactstift an einem Gestell immer mit der isolirten Feder des nachfolgenden Gestelles verbunden wird. Nachdem diese Verbindungen für alle Linienstöpsellöcher ausgeführt sind, handelt es sich noch darum, die freigebliebenen isolirten Federn des ersten Gestelles und die Contactstifte des letzten Gestelles zu verbinden.

An die isolirten Federn des ersten Gestelles werden sämmtliche in die Centralstation einmündenden von den Blitzplatten kommenden Drähte angeschlossen. Was die Contactstifte des letzten Gestelles betrifft, so führt von denselben die Leitung wieder zurück zu denjenigen Gestellen, an welche sich für die betreffenden Nummern die Localstöpsellöcher und die Aufrufklappen befinden. Die Leitungen 1 bis 200 führen also von den Contactstiften des letzten Gestelles zu den isolirten Federn der Localstöpsellöcher des ersten Gestelles zurück, und von den Contactstiften dieser Stöpsellöcher zu den Aufrufklappen und in die Erde. Aehnlich führen die Leitungen 201 bis 400 zu dem zweiten Gestell zurück u. s. w. Nachdem diese Verbindungen hergestellt sind, bilden alle Gestelle gleichsam einen einzigen Apparat. Die Linien treten zu den Linienstöpsellöcher des ersten Gestelles, passiren nacheinander die bezüglichen Linien-

stöpsellöcher der anderen Gestelle bis zum letzten, kehren von diesem wieder zurück zu den entsprechenden Localstöpsellöchern, und endigen durch die Aufrufklappen in die Erde. Fig. 99 gibt den vollständigen Stromlauf für einen einzelnen Draht, welcher seine Aufrufklappe am dritten Gestell hat.

Wenn irgend ein Abonnent z. B. Nr. 254 aufruft, so steckt der Beamte den Stöpsel eines Connectors auf der unteren Console in das Localstöpselloch Nr. 254,

Fig. 99.



legt den Hebel der Sprecheinrichtung um, und nimmt den Auftrag des Abonnenten entgegen. Gesetzt derselbe verlange die Verbindung mit Nr. 452, so steckt der Beamte den Stöpsel desgleichen Connectors auf der oberen Console in das Linienstöpselloch Nr. 452, und drückt auf den Rufknopf der entsprechenden Schnur, womit seine Arbeit vollendet ist. Nach Schluss des Gespräches läutet der aufrufende Abonnent ab, die Schlussklappe fällt, worauf der Beamte die beiden Stöpsel herauszieht, welche durch die angehängten Gewichte wieder an ihren alten Ort zurückgezogen werden.

Auf diese Weise ist jeder Verkehr der Beamten untereinander unnöthig gemacht, und eine Verbindung mit

diesen neuen Gestellen erfordert nicht die Hälfte der Zeit wie bei den gewöhnlichen Umschaltapparaten. Natürlich ist auch dem entsprechend die Zahl der nothwendigen Beamten eine geringere.

Wir müssen jetzt noch eines besonderen Umstandes erwähnen, welcher bei den Verbindungen an diesen Gestellen eintreten kann. Wenn der Stöpsel in irgend ein Loch, z. B. in das Linienstöpselloch Nr. 245, welches sich am zweiten Gestelle befindet, eingesetzt wird, so hebt derselbe die isolirte Feder vom Contactstift ab, und unterbricht dadurch die Leitung zu den folgenden Gestellen. Die Leitung gelangt durch das Linienstöpselloch des ersten Gestelles zur isolirten Feder des zweiten Gestelles, von da durch den eingesetzten Stöpsel in den Connector. Aber da der Contactstift dabei isolirt wird, so sind alle Linienstöpsellöcher der folgenden Gestelle, das Localstöpselloch und die Aufrufklappe Nr. 254 von der Leitung abgeschnitten. Es könnte nun aber ein anderer Abonnent, z. B. Nr. 808, welcher sich am fünften Gestell findet, dieselbe Nr. 254 verlangen. Würde der Beamte die verlangte Verbindung auf die oben beschriebene Weise ausführen, so hätte das zur Folge, dass die Leitung Nr. 808 nach Herstellung der Verbindung unterbrochen wäre. Die Linie Nr. 808 würde nämlich nach Durchlaufen sämmtlicher Linienstöpsellöcher Nr. 808 durch das Localstöpselloch in den Connector übertreten, von da in das Linienstöpselloch Nr. 245 des fünften Gestelles gelangen, nun die Linienstöpsellöcher Nr. 245 des vierten und dritten Gestelles passiren und am isolirten Contactstift des zweiten Gestelles endigen. Die Leitung bliebe so lange unterbrochen, bis die eine oder andere

der beiden Verbindungen aufgehoben würde, und während dieser Zeit würde der Abonnent 808 vom Verkehr vollständig ausgeschlossen sein. Eine ähnliche unangenehme Folge würde es haben, wenn ein zweiter Stöpsel nicht an einem nachfolgenden, sondern an einem vorhergehenden Gestelle eingesetzt würde. Würde z. B. Abonnent Nr. 88, welcher dem ersten Gestelle zugetheilt ist, die Nr. 254 verlangen und würde die Verbindung hergestellt, während dieselbe Nr. 254 schon am zweiten Gestell verbunden ist, so würde nun allerdings die Verbindung Nr. 88 und Nr. 254 regelrecht ausgeführt und die beiden Abonnenten könnten auch verkehren, dagegen würde die bereits bestehende Verbindung aufgehoben, und die Leitung desjenigen Drahtes, welcher schon mit 254 verbunden war, unterbrochen.

Natürlich ist für einen geordneten Betrieb weder der eine noch der andere Fall zulässig. Zur Vermeidung dieser Uebelstände besitzt der Apparat ein weiteres System von Leitungen, welche wir Prüfungsdrähte nennen wollen, und welche die Metallkörper aller Stöpselhülsen mit denselben Nummern miteinander verbinden. Wenn irgendwo ein Stöpsel eingesetzt wird, so verbindet dieser den Metallkörper der betreffenden Hülse mit der isolirten Feder und der Linie, und da alle Metallkörper durch die Prüfungsdrähte unter sich verbunden sind, so stehen auch sie alle mit der Linie in Verbindung. Fig. 99 zeigt schematisch alle Leitungen an den verschiedenen Gestellen für den Draht Nummer 542. Es ist eine Centralstation mit fünf Gestellen vorausgesetzt, und es bedeutet *i* die isolirte Feder, *c* den Contactstift und *m* den Metallkörper der verschiedenen Stöpsellöcher, *A* die Aufrufklappe, *l* die Linien-

drähte, *p* die Prüfungsdrähte; am dritten Gestell ist das Linienstöpselloch verbunden, und daher die Linienstöpsellöcher am vierten und fünften Gestell, und das Localstöpselloch, welches sich am dritten Gestell befindet, isolirt. Dafür sind alle Drähte *p* mit der Linie durch den eingesetzten Stöpsel verbunden.

Wie wir schon oben bemerkt haben, [siehe Figur 98] ist in den Sprechapparat des Beamten eine Batterie *b* eingeschaltet. Wenn der Stöpsel irgend einen Metallkörper *m* berührt, so gelangt der Batteriestrom durch das Telephon, die Leitungsschnur und die Drähte *p* zur isolirten Feder des verbundenen Stöpselloches, und von da in die zugehörige Linie. Das Entstehen dieses Stromes verursacht in dem Telephon des Beamten ein Geräusch, welches diesem verbietet, die verlangte Verbindung herzustellen. Ist die Linie, deren Metallkörper berührt werden, nicht verbunden, so kann kein Strom entstehen, da die Drähte *p* dann isolirt sind.

Ein ähnlicher Ton entsteht auch in den Telephonen der beiden Abonnenten, deren Leitung geprüft wird, doch ist er sehr schwach und kaum bemerkbar.

Eine bemerkenswerthe Verbesserung des Prüfungssystems rührt von J. Sitzenstatter her. Da der Ton beim Entstehen des Stromes leicht überhört wird, und eine ermüdende Aufmerksamkeit von Seite des Beamten erfordert, so wird in Fig. 97 die Leitung zwischen Telephon und Batterie entzweigeschnitten, und beide Drähte zur Erde geführt. Neben der Batterie wird ein empfindliches Relais eingeschaltet, welches beim Ansprechen einen Localstromkreis mit einem Vibratorwecker schliesst. Der letztere ist vor dem Beamten aufgestellt, und avertirt diesen, sobald mit den Prü-



fungstöpsel die Leitung eines schon verbundenen Abonnenten berührt wird.

Den schwierigsten Punkt bei den Multipelgestellen bildet die Montirung, welche eine sehr grosse Zahl von Drähten erfordert. Zwischen je zwei Gestellen müssen folgende Drähte gezogen werden:

1. Ein Liniendraht für jede Nummer;
2. ein Prüfungsdraht für jede Nummer;
3. ein Localdraht für jede Aufrufklappe.

In einer Centralstation, welche mit 15 Gestellen für 3000 Linien einzurichten ist, gehen an jedes Gestell 3000 Liniendrähte und 3000 Prüfungsdrähte. Ausserdem giebt es zwischen dem letzten und vorletzten Gestell 2800 Localdrähte, zwischen dem 14. und 13. 2600 Localdrähte u. s. w.; die mittlere Zahl der nöthigen Drähte zwischen je zwei Gestellen kann auf circa 7500 angeschlagen werden. Es erfordert ein ganz specielles Studium, die Unzahl von Drähten auf eine zweckmässige und solide Art zu placiren. Da die Stöpsellöcher in Reihen von je 20 angeordnet sind, so verwendet man zur Montirung gewöhnlich 20adrige inductionsfreie Kabel. Es sind dann noch immer im Mittel 375 Kabel zwischen je zwei Gestellen nothwendig, zwischen dem 14. und 15. sogar 440. Die Länge derselben beträgt im Minimum 10 Kilometer, so dass also die zur Montirung von 15 Gestellen erforderliche Drahtlänge über 200 Kilometer beträgt. Im Verhältniss zur Länge der Drähte steht auch die Zahl der Verbindungsstellen. In jedes Stöpselloch gehen drei Leitungen. Das Gestell hat 3200 Stöpsellöcher, das giebt 9600 Verbindungsstellen, und da 15 Gestelle nöthig sind, erfordert die Montirung 144.000 Verbindungsstellen. Es ist selbstverständlich, dass diese Verbindungen mit mög-



lichster Sorgfalt auszuführen und gut zu verlöthen sind, umsomehr, als bei der Unzahl von Drähten und Löthstellen nachträgliche Reparaturen nur mit den grössten Schwierigkeiten auszuführen sind.

Gegenwärtig sind schon mehrere hundert Multipelgestelle in Europa und Amerika im Betrieb, welche alle von der Western Electric Co. in Chicago gebaut wurden. In Europa finden sich solche unter anderen Orten in Christiania, Stockholm, Liverpool, Genf, Antwerpen.

Die Umschalter ohne Aufrufapparate.

Eine sehr interessante Gruppe von Centralstationsapparaten sind diejenigen, welche keine Aufrufapparate benützen. Das Princip dieser Apparate besteht in Folgendem:

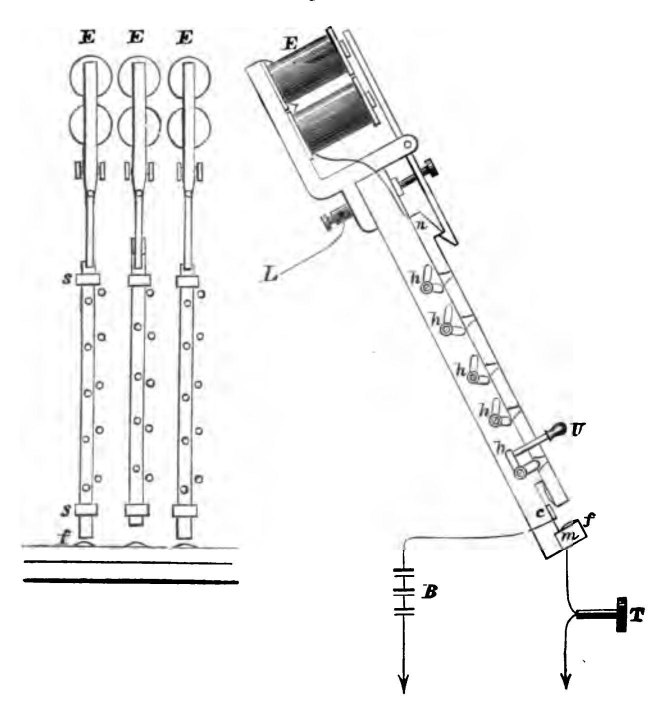
Eine bestimmte Anzahl von Drähten endigt auf der Centralstation in einer gemeinschaftlichen Erdleitung, in welche ein Telephon eingeschaltet ist. Dasselbe wird von dem Beamten der Centralstation beständig am Ohre gehalten, so dass die Abonnenten ohne Aufruf direct mit ihm verkehren können. Wenn ein Abonnent eine Verbindung wünscht, so ruft er ohne weiteres seine Nummer und die Nummer, mit welcher er verbunden werden will, der Centralstation zu, z. B.: Nr. 10 wünscht Nr. 20, worauf der Beamte am Umschalter die Verbindung herstellt.

Man hat dieses Princip auf verschiedene Weise praktisch durchgeführt. In Fig. 100 stellen wir schematisch die Einrichtung dieses Systems dar, wie es von der Commercial Bell Telephone Co. in New-York verwendet wird. Diese Form wurde von Clay erfunden.



Jeder Liniendraht L endigt in einen Elektromagneten E, welcher aber nicht zum Aufrufen, sondern blos zum Abmelden dient. Diese Elektromagnete sind wie die Fallklappen eines gewöhnlichen Wechselpultes

Fig. 100.



in horizontalen Reihen angeordnet. Zur Herstellung der Verbindungen dient ein System horizontaler und davon isolirter verticaler Schienen, in ähnlicher Combination wie bei den Kettenwechseln und bei den früher beschriebenen Pulten mit Stöpselverbindung. Jedem Elektro-

magnet entspricht eine verticale Schiene, welche mit ihr leitend verbunden ist. Diese verticalen Schienen sind in den Schlitten *s* längs ihrer eigenen Richtung leicht verschiebbar. In der Ruhelage werden sie vermöge ihres eigenen Gewichtes nach abwärts auf die Feder *f* gepresst, welche auf der horizontalen Metallschiene *m* angebracht ist. An die letztere ist das Telephon *T* des Beamten angeschlossen, so dass also sämmtliche Leitungen beständig mit demselben verbunden sind.

Die horizontalen Schienen dienen dazu, die Verbindung von je zwei verticalen Schienen herzustellen. Sie sind rund, leicht beweglich, um ihre Axe drehbar und tragen unter jeder verticalen Schiene zwei in einem rechten Winkel zu einander stehende Hebel *h*. Diese letzteren iegen aber nicht in derselben Ebene, sondern es steht der eine gerade in der Mitte unter der verticalen Schiene, der andere etwas daneben. Wenn nun ein Stift *U* auf den letzteren gepresst wird, so dreht er sich abwärts, nimmt dabei den zweiten Hebel mit, und ebenso den horizontalen Stab, welcher sich dabei um 90 Grad um seine Axe dreht. Der zweite Hebel legt sich in die Vertiefung der verticalen Schiene, und hebt diese bei der Drehung so weit, dass ihr oberes mit einer Nase *n* versehenes Ende in einen Haken eingreift, der die Verlängerung des Ankers des Elektromagneten bildet. Durch diesen wird nun die Schiene festgehalten, und der Stift kann wieder ausgezogen werden. Durch dieselbe Manipulation wird auf demselben horizontalen Streifen bei der verticalen Schiene, welche dem zweiten Abonnenten entspricht, die Verbindung hergestellt. Beim Heben der verticalen Schiene gleitet eine am unteren Ende derselben angebrachte Feder über die Contactfläche *c*, welche mit einer gal-

vanischen Batterie verbunden ist. Es wird dadurch ein Strom in die zu verbindende Linie gesandt, und das Läutwerk der betreffenden Sprechstelle automatisch in Thätigkeit gesetzt. Wenn die Unterhaltung beendigt ist, und die Stationen ihre Telephone an die Haken aufhängen, so gleiten die letzteren ebenfalls über eine mit einer Batterie verbundene Contactfläche; dadurch wird ein kurzer Strom nach der Centralstation gesandt, welcher die Anker der betreffenden Elektromagnete anzieht; die Schienen werden ausgelöst und fallen vermöge ihres eigenen Gewichts wieder zurück, bis sie auf die Feder *f* aufstossen. Auf diese Weise wird ohne Zuthun des Beamten die Verbindung automatisch aufgehoben und die Ruhelage wieder hergestellt.

Dieses anscheinend etwas sonderbare System bewährt sich in der Praxis sehr gut, so dass die Theilnehmer der so eingerichteten Netze sogar eine höhere Taxe bezahlen. Diese höhere Taxe ist allerdings auch dadurch gerechtfertigt, dass die Bedienung der Centralstation ein grösseres Personal erfordert. Dafür soll aber der Dienst rascher und sicherer ausgeführt werden.

Eine Vervollkommnung dieses Systems ist der Multipeltisch der Centralstation in Philadelphia. Derselbe ist für 4000 Drähte gebaut, und sucht das Princip, welches bei den früher beschriebenen Multipelgestellen verwendet wird, auch für das Claysystem nutzbar zu machen. Figur 101 gibt die Ansicht eines einzelnen Tisches für 400 Drähte.

Der Tisch besteht aus zwei verschiedenen Theilen. In der Mitte sind die Stöpsel in 5 Reihen zu je 10 angeordnet, so dass jede Gruppe 50 Stöpsel enthält. Diese Stöpsel bilden das obere Ende einer Schnur,



welche, wie Fig. 102 zeigt, in eine Metallhülse eingeschlossen ist. Das untere Ende der Schnur ist mit einem Gewichte belastet, welches den Stöpsel immer in seine Ruhelage zurückführt, und welches mit der Röhre durch Metallfedern in elektrischem Contacte steht. Die Röhre ist mit der Linie 1 in Verbindung, so dass dadurch auch der Stöpsel mit derselben in beständigem Contacte bleibt.

Fig. 102.



Zu beiden Seiten der Stöpsel sind eine ganze Reihe von Löchern angeordnet, welche zu je 100 in Quadraten vereinigt sind. Je 10 solcher Quadrate sind aneinandergereiht und umfassen 1000 Löcher. Auf dem Tische Fig. 101 kommen von links nach rechts auf der vorderen Seite in der ersten Reihe die Löcher 1 bis 1000, in der zweiten Reihe die Löcher 1001 bis 2000. Hinter dem mittleren Theile, welcher die Stöpsel enthält, sind in der dritten Reihe die Löcher 2001 bis 3000 angeordnet, und in der vierten Reihe endlich die Löcher 3001 bis 4000. Diese 4000 Löcher umfassen eine Fläche von 1 Meter Breite und 2 Meter Länge, so dass ein Beamter ganz gut von seinem Standpunkte aus die 4000 Löcher controliren kann. Eine jede Tafel mit 4000 Löchern enthält in der Mitte acht

der oben erwähnten Gruppen von je 50 Stöpsel, also im Ganzen 400. Der erste Tisch erhält die Stöpsel 1 bis 400, der zweite 401 bis 800 u. s. w. Für je 400 Linien ist ein weiterer Tisch nothwendig, für 4000 Drähte also im Ganzen 10.

Jeder in die Centralstation einmündende Draht führt nacheinander zu den verschiedenen Löchern, welche an den einzelnen Tischen seine Nummer tragen. Ebenso ist auch die Stöpselschnur an dem betreffenden Tische (als Abzweigung) mit ihm verbunden. Dieses Leitungssystem hat aber auf der Centralstation selbst keine Erdleitung. Wenn der Abonnent *A* mit dem Abonnenten *B* zu verbinden ist, so hat der Beamte einfach den Stöpsel *A* in das auf seinem Tische befindliche Stöpselloch *B* zu stecken. Mit einer einzigen Bewegung ist die ganze Verbindung ausgeführt. Die Herstellung derselben erfordert daher nicht die Hälfte der Zeit, wie nach der gewöhnlichen Methode wo immer zwei Schnüre zu stöpseln sind.

Die bis jetzt beschriebene Vorrichtung enthält noch kein Mittel für die Verständigung der Centralstation mit den Sprechstellen. Hierzu dient ein besonderes Ruf-Leitungssystem. Zu jedem Theilnehmer führen zwei Drähte, einer zum Aufruf, der andere zum Sprechen. Zum Sprechen erhält jede Station einen besonderen Draht, zum Aufruf dagegen sind an ein und demselben Drahte eine ganze Reihe von Abonnenten, etwa hundert, gleichzeitig angeschlossen. Eine jede Rufleitung ist auf der Centralstation mit einem Telephonapparate verbunden, welcher beständig von einem Beamten überwacht wird.

Der Apparat des Abonnenten muss nun ebenfalls eine specielle Einrichtung haben. Da er nicht aufrufen

muss, so enthält er weder Inductor noch Läutebatterie, dagegen ausser Telephon und Mikrophon eine Glocke und zwei Umschalter. Der eine der Umschalter, von aussen durch einen besonderen Hebel stellbar, hat zum Zweck, den Apparat entweder mit der Rufleitung oder mit der Sprechleitung zu verbinden. Für gewöhnlich ist er in die Sprechleitung eingeschaltet. Wenn von der Centralstation ein Aufruf kommt, so nimmt der Abonnent sein Telephon vom Haken, um sofort die Unterhaltung beginnen zu können. Während er nun mit dem einen Abonnenten spricht, wäre natürlich sehr wohl möglich, dass er an einem anderen Tische noch einmal verbunden werden könnte, wodurch Betriebsstörungen entstehen würden. Um das zu vermeiden, wird durch die Stellung des Umschalters, an welchem das Telephon aufgehängt ist, die Glocke der Abonnenten-Station entweder in eine gewöhnliche continuirlich fortläutende Glocke verwandelt, oder in eine solche, welche nur einen einzigen Schlag giebt. Bleibt das Telephon aufgehängt, so ist der Unterbrecher der Glocke in die Leitung eingeschaltet, und beim Läuten findet abwechselnd Stromschluss und Stromunterbrechung statt. Wird aber das Telephon abgehängt, so wird der Unterbrecher ausgeschaltet, der Strom fliesst einfach durch die Elektromagnetwindungen, zieht den Anker an und hält ihn fest. Es entstehen in diesem Falle keine intermittirenden Ströme.

Der Vorgang auf der Centralstation bei der Herstellung der Verbindungen geschieht nun folgendermassen. Der Abonnent *A* will eine Verbindung verlangen. Er presst den Hebel aussen an seinem Kasten abwärts, wodurch er sich in die Rufleitung einschaltet,

hierauf hängt er sein Telephon ab, ruft den Beamten der Centralstation, und giebt ihm seine Nummer sowie die Nummer des Abonnenten, dessen Verbindung er wünscht. Hierauf nimmt der Beamte die neben seinem Apparat auf der Figur 101 sichtbare Aufrufschnur, welche mit einer Batterie in Verbindung ist, und berührt damit das Stöpselloch der Nummer *B*. Dabei fliesst der Strom zum Abonnenten *B*.; wenn dieser nicht spricht, so wird die auf seiner Sprechstelle eingeschaltete Glocke mit Unterbrecher in Thätigkeit kommen, und ihn aufrufen. Es entsteht dadurch in der Leitung ein intermittirender Strom, welcher auch ein Relais auf der Centralstation, das neben dem Apparat des Beamten (in der Fig. 101 unter einer Kapsel verborgen) aufgestellt ist, zum Ansprechen bringt. Ist dagegen der Abonnent *B* schon mit einer anderen Verbindung behelligt, so kommt seine Glocke nicht in Thätigkeit, da der Unterbrecher bei abgehängtem Telephon ausgeschaltet ist. Der Anker wird einfach angezogen, es entstehen keine intermittirenden Ströme, und auf der Centralstation spielt daher auch das eingeschaltete Relais nicht. Daraus schliesst der Beamte sofort, dass der gerufene Abonnent schon beschäftigt ist, und verständigt dementsprechend *A*. Anderenfalls aber, wenn das Relais anspielt, zieht er die Stöpselschnur des *A* heraus, und setzt sie in das Stöpselloch *B* seines Tisches, womit die Verbindung hergestellt ist. Nach Beendigung des Gespräches schaltet sich der aufrufende Abonnent wieder in die Rufleitung, und zeigt dem Beamten mündlich an, dass die Verbindung aufgehoben werden kann.

Dieses System hat den Vortheil, dass die Verbindungen sehr rasch mit einer einzigen Bewegung aus-

geführt werden können, in Folge dessen auf der Centralstation auch weniger Personal nöthig ist als bei den anderen Systemen. Ein Nachtheil dagegen besteht darin, dass zu jedem Theilnehmer zwei Drähte geführt werden müssen.

Das System von Greenfield vermeidet die Rufleitung durch einen eigenthümlich construirten Empfänger auf der Centralstation, den sogenannten Multiplex-Empfänger. Fig. 104 giebt einen Durchschnitt durch denselben. Er besteht aus einer Reihe von Telephonen, welche radial um eine centrale Röhre angeordnet sind. Diese Röhre endet in zwei hufeisenförmigen Canälen, welche mit Schalltrichtern versehen sind, und welche durch ein federndes Stahlband an die Ohren des Beamten gepresst werden. An den Hauptcanal münden eine Reihe von Nebencanälen, welche in zwei horizontalen Schichten zu je acht angeordnet sind. Es sind also im Ganzen deren 16. Jeder Nebencanal sowie der Hauptcanal ist durch ein Telephon abgeschlossen, so dass 17 Telephone vorhanden sind. Jede Telephonspule besteht aus drei von einander getrennten Wicklungen; die beiden Enden einer jeden derselben sind je mit einer Linie verbunden. An ein einzelnes Telephon können daher 6, und an die 17 Telephone 104 Linien angeschlossen werden. Ein einziger Apparat mit einem Beamten reicht für 104 Sprechstellen aus, und dieselben sind durch den Multiplex-Empfänger in beständiger directer Verbindung mit der Centralstation.

Die einzelnen Liniendrähte endigen in Messingklötze, welche durchbohrt sind, und auf einem Tische (Fig. 103) zweckmässig angeordnet werden. Zwischen je zwei Messingklötze ist eine Spule des Multiplex-

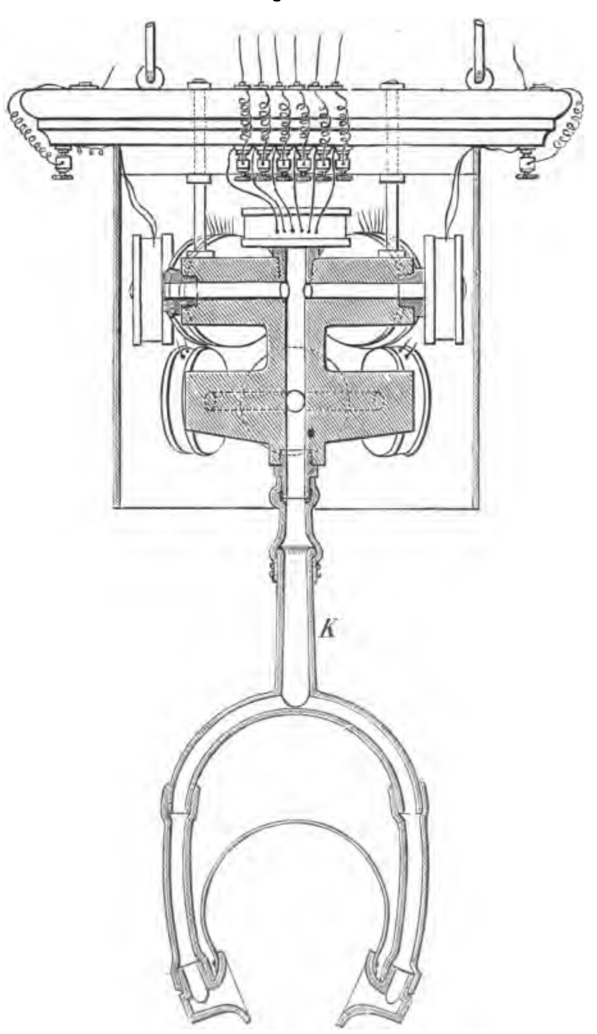
Empfängers eingeschaltet. Zur Herstellung der Verbin-

Fig. 103.



dungen sind eine Anzahl von Connectoren (in der Fig. 103 sechs) vorhanden, welche, wie früher beschrieben,

Fig. 104.



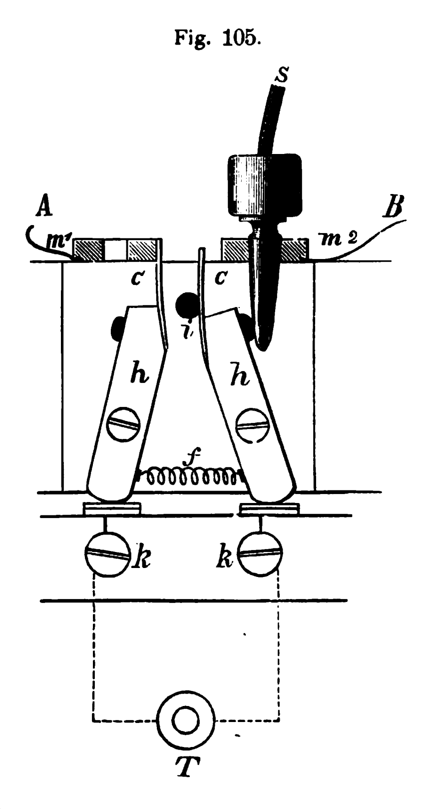
mit Stöpselschnüren und Schlussklappen ausgerüstet sind. Ueber dem Tische ist ferners der Multiplexempfänger mit dem Sprechapparat des Beamten aufgehängt. Das Vorgehen bei Herstellung einer Verbindung ist folgendes:

Der Abonnent *A*, welcher eine Verbindung wünscht, ruft dem Beamten der Centralstation seine Nummer zu, sowie diejenige des Abonnenten *B*, mit welchem er verbunden zu werden wünscht. Der Beamte ruft die Sprechstelle *B* mit seiner Läutebatterie auf, und steckt hierauf die beiden Schnüre eines Connectors in die Durchbohrungen der Messingklötze, an welche die Linien *A* und *B* angeschlossen sind. Hiermit ist seine Arbeit gethan. Ist das Gespräch zu Ende, so läutet *A* ab, die Schlussklappe des eingeschalteten Connectors fällt, worauf der Beamte die Stöpselschnur wieder auszieht.

Da je zwei Drähte eine Telephonspirale gemeinsam haben, so ist eine besondere Contactvorrichtung nöthig, damit bei Herstellung einer Verbindung die andere Linie gleichwohl betriebsfähig bleibt. Diese Vorrichtung ist in Fig. 105 dargestellt. m^1 m^2 sind die beiden nebeneinanderliegenden Messingklötze, welche eine Telephonspirale *T* gemeinsam haben, und an welche die Liniendrähte *A* und *B* festgeschraubt sind. In der Ruhelage werden die Contactfedern *c*, welche auf drehbaren Hebeln *h* sitzen, durch die Spiralfeder *f* an die Klötze angepresst. Diese Hebel stehen in elektrischer Verbindung mit den Klemmschrauben *k*, zwischen welche die Telephonspirale *T* eingeschaltet ist. Es besteht also eine Leitung von der Linie *A* durch den Messingklotz und den Hebel zur Telephonspirale, und von dieser auf dieselbe Weise zur Linie *B*. Wird nun aber ein Stöpsel eingesetzt, so presst dieser den Hebel durch einen iso-

lirenden Ebonitknopf, welcher auf dem Hebel festsitzt, an den Metall-Stift *i*, welcher mit der Erde verbunden ist. Es wird also gleichzeitig die verbundene Linie *B* von

Fig. 105.



der Telephonspirale isolirt, und die nicht verbundene Linie *A* durch die Telephonspirale zur Erde abgeleitet, so dass nun *A* gleichwohl aufrufen kann.

Dieses System eignet sich hauptsächlich für kleinere Stationen, so lange alle Linien an einem einzigen Tische

vereinigt werden können. Ein einzelner Tisch fasst 400 Messingklötze, und bedarf dann vier Multiplexempfänger und vier Beamte zur Bedienung. Für eine grössere Anzahl von Linien liesse sich das Multipelsystem verwenden.

Das Wechselgestell für Doppelleitungen.

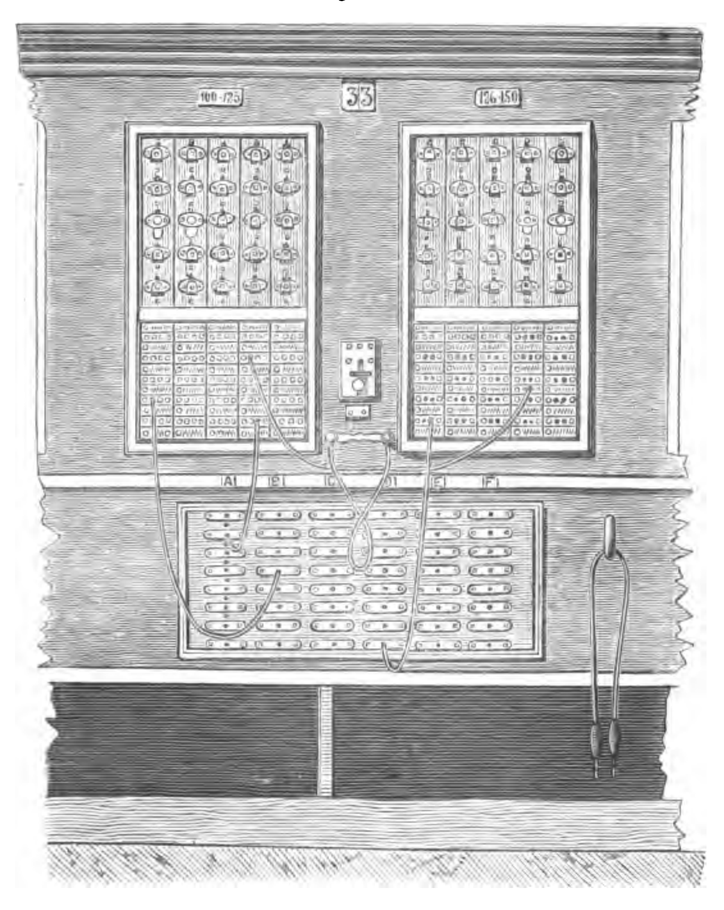
Wenn ein Telephonnetz durchgehends mit doppeldrähtigen Kabellinien angelegt ist, wie z. B. dasjenige von Paris, so müssen die Wechselgestelle so beschaffen sein, dass gleichzeitig beide Drähte verbunden werden können. Die in Paris verwendeten Wechselgestelle sind von ähnlicher Construction wie das auf Seite 198 beschriebene Gestell für einfache Leitungen. Fig. 106 giebt die Ansicht eines solchen. Die Aufrufklappen, von der in Fig. 107 angedeuteten Construction, sind in Tafeln zu je 25 zusammengestellt. Unter den Klappen befinden sich in gleicher Anordnung die Contactvorrichtungen. Die Stöpsellöcher am unteren Theile des Gestelles dienen zur Verbindung mit den verschiedenen auf einer Centralstation aufgestellten Apparaten untereinander.

Charakteristisch für diese Gestelle ist die Construction der Klinken oder Contactvorrichtungen. Eine jede derselben besteht aus zwei durch Ebonit von einander isolirte Kupferplatten, an welche die beiden Leitungsdrähte der Schlaufe angeschlossen sind. Die hintereinander liegenden Platten sind durchbohrt, und zwar ist die Bohrung der vorderen Platte weiter als diejenige der hinteren. Dem entsprechend besteht der Stöpsel aus zwei concentrischen von einander isolirten Messingcylindern, von denen der eine weitere sich an die vordere Bohrung anpresst und der schmälere innere an



die hintere. Der vorstehende innere Cylinder ist mit der

Fig. 106.

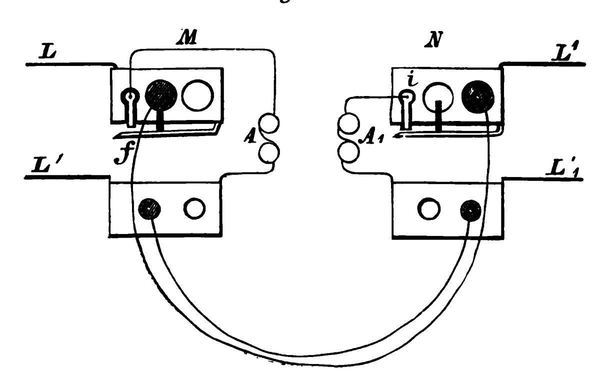


einen Leitung, der äussere Cylinder mit der anderen Leitung der doppeldrähtigen Schnur verbunden. Fig. 108 giebt

das Schema zweier miteinander verbundenen Contactvorrichtungen. Um die Darstellung zu erleichtern, sind

Fig. 107.

Fig. 108.



die zu einander gehörenden Kupferplatten statt hintereinander, untereinander gezeichnet, und zwar ist die obere die vordere, die untere dagegen die hintere Platte. Jede

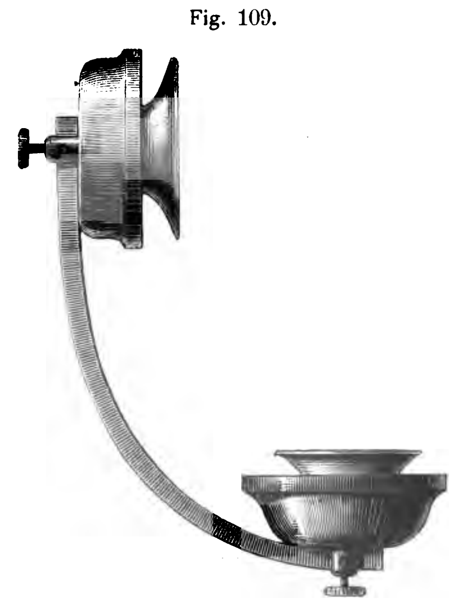
Platte besitzt zwei gleiche Durchbohrungen. Ausserdem hat die vordere Platte noch eine Contactfeder *f*, welche auf einer isolirten Contactspitze *i* aufliegt. Zwischen diesen Contactspitzen und der hinteren Platte ist die Aufrufklappe *A* eingeschaltet. In die Bohrung links ragt eine Ebonitspitze, welche an der Contactfeder *f* festsitzt. Wenn der Stöpsel in diese Bohrung eingesetzt wird, so hebt er die Ebonitspitze und die Feder in die Höhe, und unterbricht die Verbindung mit der Contactspitze *i* und der Aufrufklappe. Diese Einrichtung bezweckt, dass immer nur eine Aufrufklappe eingeschaltet bleibt, indem der eine Stöpsel der Leitungsschnur bei einer herzustellenden Verbindung in eine Bohrung links, der andere Stöpsel in eine Bohrung rechts gesetzt wird. In der Fig. 108 ist der Stöpsel links in die Bohrung links und der andere Stöpsel in die Bohrung rechts gesetzt. (Durch Schraffirung ist die Lage der Stöpsel angedeutet.) Durch die Leitungsschnur werden die beiden vorderen Platten miteinander verbunden und ebenso die beiden hinteren, so dass ein vollkommener Stromkreis $L L_1 L_1' L'$ gebildet wird. Wie man bemerken wird, ist die Aufrufklappe nicht in die Leitung selbst eingeschaltet, sondern bildet eine Brücke zwischen den beiden Drähten. Es ist das nöthig, um zu erreichen, dass der Strom in beiden Drähten ganz gleich verläuft, und keine Induction auf einen dritten Draht entsteht.

Betriebsapparate der Centralstation.

Die Centralstation bedarf zu ihrem Betriebe mehrerer Nebenapparate, von welchen wir die wichtigsten kurz anführen wollen.

Als Sprechapparate werden gewöhnlich dieselben Apparate benützt wie für die Sprechstellen. Eine specielle Form, das Mikrotelephon, zeigt Fig. 109. Dieselbe ist aus einem Pony-Telephon und einem Edison-Mikrophon combinirt. Der Magnet des Telephons dient zugleich als Halter

Fig. 109.



und als Handgriff, und ist so geformt, dass zu gleicher Zeit das Telephon an das Ohr und das Mikrophon an den Mund sich legt. Diese Combination eignet sich namentlich für solche Umschaltapparate, wo die ganze Fläche frei bleiben soll und dem Beamten eine gewisse freie Beweglichkeit nothwendig ist, wie z. B. bei den Multipelgestellen.

In grossen Centralstationen mit sehr lebhaftem Verkehr ist eine andere Telephonform, das sogenannte Kopftelephon verbreitet. Dasselbe ist ebenfalls ein Ponytelephon (Fig. 5 S. 17), dessen Magnet aber in ein dünnes Stahlband ausläuft, welches der Beamte über den Scheitel seines Kopfes legt, wobei die Höröffnung an das Ohr gepresst wird. In Verbindung mit dem Kopftelephon werden als Sender gewöhnliche fix aufgestellte Mikrophone verwendet. Auf diese Weise behält der Beamte beide Hände für die Herstellung der Verbindungen frei, was bei dem Multipelsystem sehr viel zu einem raschen Dienste beiträgt.

Zum Aufruf verwendet man eine kleine magnetoelektrische oder dynamoelektrische Maschine, welche durch einen kleinen Wassermotor betrieben werden kann. Steht keine passende bewegende Kraft zur Verfügung, so kann man beim Wechselstrombetrieb den Polwechsler verwenden. Dieser besteht aus zwei Theilen, dem Stromwechsler, welcher die Linie abwechselnd an den positiven und negativen Pol der Läutebatterie legt, und dem Vibrator, welcher den Stromwechsler in Bewegung setzt. Fig. 110 giebt die Ansicht und Fig. 111 das Schema des Polwechslers. Der Vibrator besteht aus einem polarisirten Elektromagnet mit beweglichem Anker, welch letzterer abwechselnd den Stromkreis des Elektromagneten schliesst und unterbricht. Die in denselben eingeschaltete Batterie *b* (ein Leclanché-Element genügt) muss so verbunden sein, dass sie dem polarisirenden Magnet entgegenwirkt. Der Anker kommt dann in eine vibrirende Bewegung, indem er abwechselnd von dem polarisirenden Magnet und dem Elektromagnet hin- und hergeworfen wird. Der Anker trägt

Fig. 110.

Fig. 111.

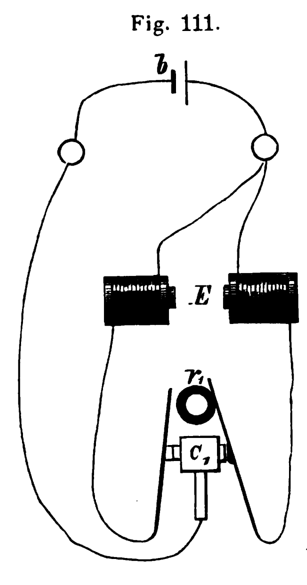


Fig. 111 a.

eine Ruthe mit einem verschiebbaren Gewicht, wodurch die Schnelligkeit der Vibration regulirt werden kann. Neben dem Contacte c_1 des Vibrators verändert die Ruthe zu gleicher Zeit die Contacte r_2 und c_2 des Polwechslers. Das Contactstück r_2 sitzt auf der Ruthe selbst, c_2 ist darunter fest aufgestellt. Die Pole der Batterie endigen in den Contactfedern f_1 und f_2. Je nach der Lage der Ruthe berührt entweder die Feder f_1 c_2 und f_2 r_2, oder f_1 r_2 und f_2 c_2, wodurch der Polwechsel zu Stande kommt. In der Figur sind die Contacte r_1 und r_2, welche auf der schwingenden Ruthe nebeneinander sitzen, behufs der leichteren Darstellung untereinander gezeichnet.

Wenn Schlaufenlinien an die Centralstation angeschlossen werden sollen, und die Verbindung nach der Methode von Bennet durch eine Inductionsspule bewerkstelligt wird (siehe Seite 133), so ist eine besondere Vorkehrung für den Aufruf nöthig. Genügt hiefür ein gleichgerichteter Strom, um die Klappe zum Fallen zu bringen, so kann man das Schema Fig. 112 anwenden. Der Taster T verbindet für gewöhnlich den einen Draht 2 der Schlaufe mit dem Contactpunkte a, welcher durch die Aufrufklappe und den Translator J zum Draht 1 führt. Zum Aufruf wird der Taster auf den Contactpunkt b niedergedrückt, wodurch die Läutebatterie B in die Schlaufe eingeschaltet wird. U in der Figur bedeutet die Klinke des Umschaltapparates.

Nach der obigen Methode muss das Vermittlungsamt immer selbst aufrufen. Elsasser hat ein Schema ersonnen, bei welchem auch die einzelnen Sprechstellen aufrufen können. Wir theilen dasselbe in Fig. 113 mit. In die beiden Leitungen des Translators T ist je ein Relais R_1, R_2 eingeschaltet. Der Rufstrom des Abon-

nenten L legt den Anker des Relais R_2 um, und schaltet

Fig. 112.

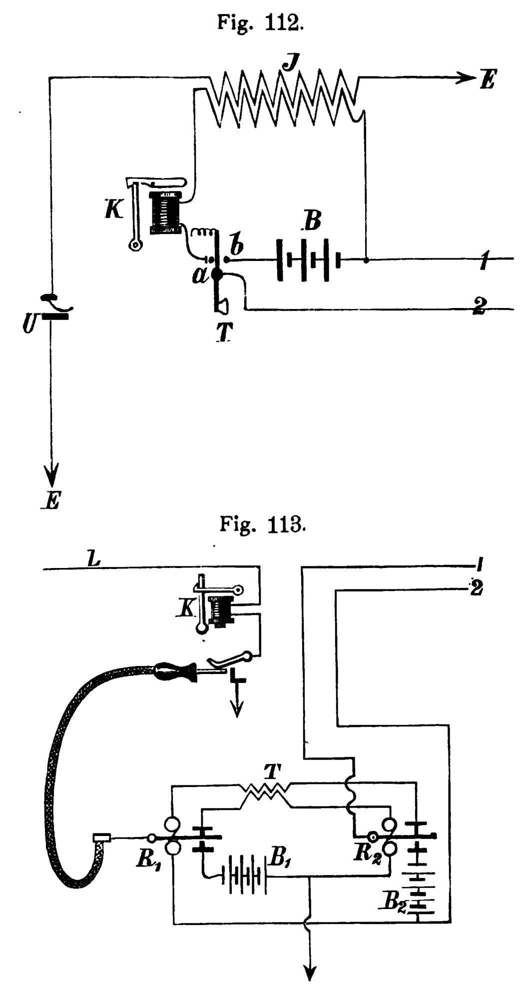


Fig. 113.

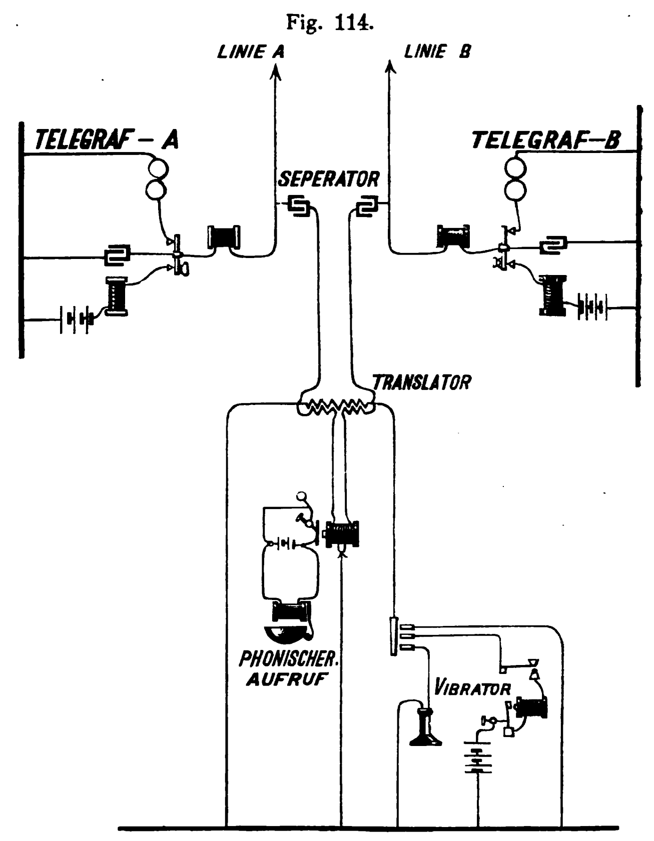
dadurch die Läutebatterie B_2 in die Schlaufe. Kommt

dagegen der Rufstrom aus der Schlaufe, so legt er den Anker des Relais R_1 um, und schaltet die Läutebatterie B_1 in die Leitung des Abonnenten.

Auch beim Aufruf mit Wechselströmen sind specielle Vorrichtungen nöthig, besonders wenn das Rysselberghe-System benützt wird, da im letzteren Falle die Ladungs- und Entladungsströme, welche durch die Derivatoren und Translatoren durchdringen, von so kleiner Intensität sind, dass sie weder eine Fallklappe, noch eine Glocke in Thätigkeit bringen können. Die Ströme werden daher in den von Rysselberghe construirten phonischen Aufruf geleitet. Dieser besteht im Grossen und Ganzen aus einem Telephon, dessen Membran bei ihrer Vibration einen Localstromkreis öffnet und schliesst. In diesen letzteren ist die Fallklappe eingeschaltet, welche daher sofort abfällt, wie die Telephonmembran in Schwingung geräth. Die Stromcurve der gewöhnlichen Magnetinductoren verläuft zu regelmässig, um durch den Translator kräftige Impulse zu erhalten. Man leitet daher durch die auf Seite 62 beschriebene Vorrichtung nur das Maximum des Stromimpulses in die Linie ab. Man kann auch einen automatischen Stromunterbrecher (Vibrator) mit einer Batterie oder einen Polwechsler verwenden. Der Polwechsler eignet sich allerdings für den vorliegenden Zweck sehr gut, da er sehr plötzliche Stromschwankungen erzeugt. Diese Impulse rufen aber in Folge dessen auf den benachbarten Linien eine starke Induction hervor, was sehr lästig werden kann. Man kann diesen Uebelstand vermeiden, wenn man durch grosse Widerstände die Unterbrechungsstellen verbindet, wodurch die Extraströme unschädlich gemacht werden. — In Fig. 114 geben wir das vollständige

Schema der Centralstationseinrichtung einer nach dem System Rysselberghe aus zwei Telegraphendrähten gebildeten Schlaufe. In Bezug auf die Details der Einrichtung verweisen wir auf Seite 152 u. ff.

Fig. 114.



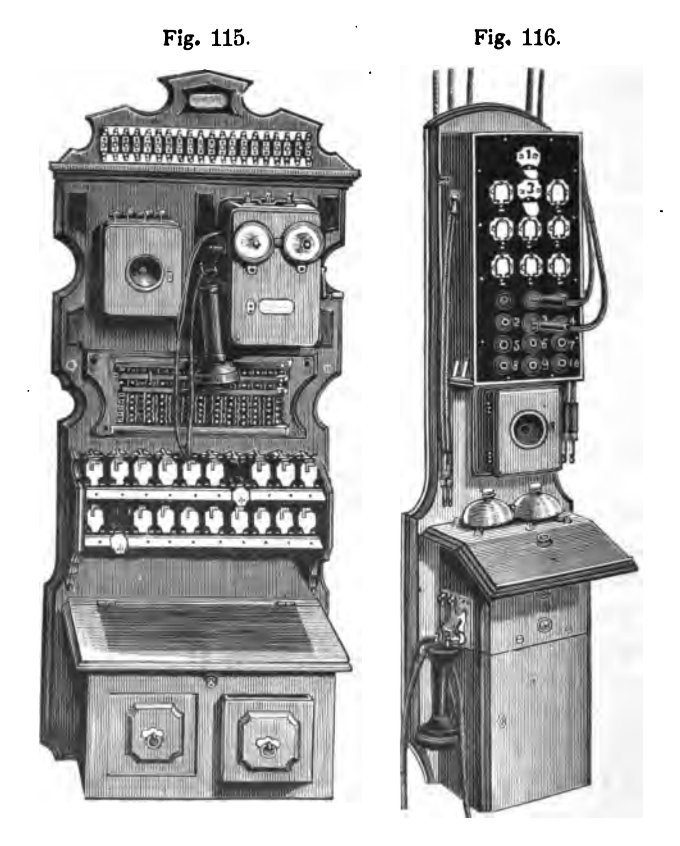
Unter Umständen ist es sehr wünschenswerth, mehr als eine Station auf einem Drahte mit der Centralstation zu verbinden. Wenn zwei oder mehrere Sprech-

stellen denselben Draht benützen können, ohne einander zu stören, so wird natürlich dadurch die Anlage im Verhältniss billiger. Wenn aber mehrere Sprechstellen in grosser Entfernung von der Centralstation beieinanderliegen, so kann wegen der Induction überhaupt nur ein Draht benützt werden, und es hat gar keinen Werth, mehrere Drähte für die verschiedenen Stationen zu ziehen. Man wird dann in einer der anzuschliessenden Stationen eine kleine Wechselstation anlegen, mit welcher die übrigen Sprechstellen durch kurze Drähte verbunden werden. Von der Wechselstation führt ein einziger Draht nach der Centralstation; sie selbst erhält einen Umschaltapparat von ähnlicher Einrichtung wie die Centralstation, um die einzelnen Sprechstellen nach Belieben verbinden zu können. Fig. 115 zeigt einen solchen Apparat nach dem Gilliland-System für 20 Linien, Fig. 116 einen solchen mit Schnurverbindungen für 10 Linien. Wenn eine grössere Zahl von Sprechstellen anzuschliessen sind, so ist dieses Verfahren wohl das vortheilhafteste; wenn es sich aber nur um eine kleinere Zahl handelt, so wird es in der Beziehung lästig, dass es einen besonderen Beamten zur Bedienung des Umschaltapparates erfordert. Es scheint in diesem Falle wünschenswerth, einen Apparat zu besitzen, welcher automatisch ohne Beihilfe eines Beamten die Verbindungen mit der Centralstation herstellt und unterbricht. Die Function, welche ein solcher Apparat zu erfüllen hat, ist eine doppelte:

1. Er muss jeder angeschlossenen Sprechstelle erlauben, jederzeit die Centralstation aufzurufen, ohne dass die übrigen Sprechstellen dadurch gestört werden;

2. er muss auch der Centralstation gestatten, jede beliebige angeschlossene Stelle automatisch mit dem nach der Centralstation führenden Drahte zu verbinden,

Fig. 115. Fig. 116.

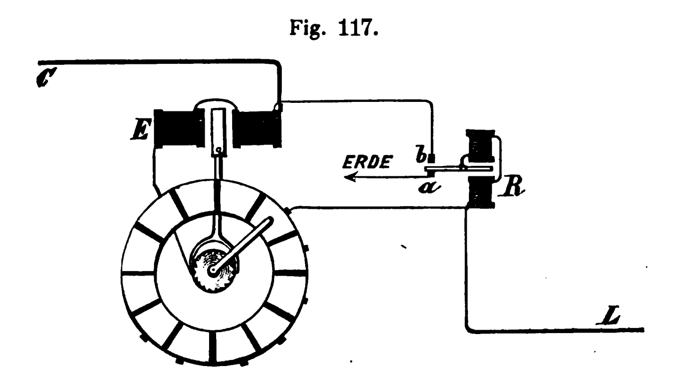


ohne dass die übrigen Sprechstellen dadurch belästigt werden.

Es sind verschiedene Ausführungen dieses Systems versucht worden, die bekanntesten rühren von Ericson,

Oesterreich, Bartelous und Anderen her. Fig. 117 giebt die schematische Darstellung eines solchen Umschaltapparates. Es ist die Linie nur einer einzigen angeschlossenen Sprechstelle *L* gezeichnet, um die Figur möglichst einfach halten zu können. Jede einzelne dieser Linien *L* endigt in den Windungen seines polarisirten Relais *R*. Der Anker desselben legt sich, je nachdem ein positiver oder negativer Strom seine Windungen umfliesst, an die Contactpunkte *a* oder *b*.

Fig. 117.



Der Contactpunkt *a* ist mit der Erde verbunden und bildet die gewöhnliche Ruhestellung. Der Contactpunkt *b* führt zur Linie *C*, welche nach der Centralstation geht. Jede Sprechstelle hat an ihrem Apparate zwei Druckknöpfe, einen weissen und einen schwarzen. Drückt sie auf den weissen Knopf, so sendet sie einen positiven Strom nach der Umschaltstation. Der betreffende Relaisanker legt sich an den Contactpunkt *b*, und verbindet die Linie mit der Centralstation. Die Sprechstelle ist nun im Stande, die letztere aufzurufen

und die gewünschte Verbindung zu verlangen. Ist das Gespräch vollendet, so drückt die Sprechstelle auf den schwarzen Knopf, und sendet einen negativen Strom nach der Wechselstation, der Relaisanker legt sich wieder an *b*, verbindet die Linie mit der Erde, und lässt die Leitung nach der Centralstation für die anderen Sprechstellen frei. Auf diese Weise wird der Verkehr der einzelnen Sprechstellen mit der Centralstation ermöglicht. Um nun auch der Centralstation den Verkehr mit den Sprechstellen zu gestatten, sind auf der Centralstation und auf der Umschaltstation zwei synchron miteinander gehende Zeigerwerke aufgestellt. Das Zeigerwerk wird mit Hilfe des Elektromagneten *E* in Bewegung gesetzt. Wenn abwechselnd positive und negative Ströme dessen Windungen durchfliessen, so wird der Anker abwechselnd auf die eine und andere Seite gezogen, und dabei durch eine an demselben befestigte Sperrklinke das Steigrad des Zeiger um je einen Zahn vorwärts bewegt. Der Zeiger gleitet über einen in Segmente getheilten Metallring. Die einzelnen Segmente sind von einander isolirt, und an jedem derselben ist eine der anzuschliessenden Sprechstellen verbunden. Die Zeiger werden durch die Wechselströme so lange bewegt, bis sie auf dem Segmente sich einstellen, welches der aufzurufenden Sprechstelle entspricht. Dieses steht, wie aus der Fig. 117 ersichtlich, ebenfalls mit dem Relais in Verbindung. Wenn nun in dieser Stellung die Centralstation einen starken positiven Strom in die Linie sendet, so legt sie dadurch den Anker des Relais an den Contact *b*, wodurch die aufzurufende Linie mit der Leitung *C* nach der Centralstation verbunden ist. Es bestehen nun allerdings zwei Stromwege zwischen *L* und *C*, was aber

keinen Nachtheil hat, da beide von dritten Linien isolirt sind. Nach Beendigung des Gespräches sendet die Centralstation oder der Abonnent einen starken negativen Strom in die Linie, wodurch der Relaisanker wieder umgelegt, und die Linie *L* mit der Erde verbunden wird.

Es sind noch Vorkehrungen nothwendig, damit die Zeiger immer wieder synchron eingestellt werden können, wenn sie aus irgend einem Grunde verstellt sind; im Ferneren muss verhindert werden, dass eine zweite Sprechstelle sich einschalten kann, wenn schon eine Verbindung hergestellt ist. Auf diese Constructionsdetails wollen wir uns hier nicht einlassen. Der Natur der Sache nach fällt der Apparat immer etwas complicirt aus, so dass es gewagt ist, denselben an Orten aufzustellen, an welchen er sich nicht unter beständiger technischer Aufsicht befindet. Es ist daher im Allgemeinen vorzuziehen, die Herstellung der Verbindungen durch möglichst einfache Apparate einer geeigneten Persönlichkeit zu übertragen, welche sich immer finden lassen wird.

Wenn die zu verbindenden Sprechstellen weit auseinanderliegen, so verliert die eben geschilderte Methode der Anlage eines secundären Knotenpunktes mit einem Wechselapparate ihren Werth. Es werden dann vortheilhafter die einzelnen Stationen hintereinander in eine einzige Leitung geschaltet. Für den Fall, dass es sich nur um zwei Stationen handelt, haben wir schon oben einige Verfahren angegeben, wie solche Verbindungen mit Hilfe von polarisirten Glocken (siehe Seite 94) hergestellt werden können. Handelt es sich aber um eine grössere Anzahl von hintereinander zu schaltenden Stationen, so müssen besondere Apparate

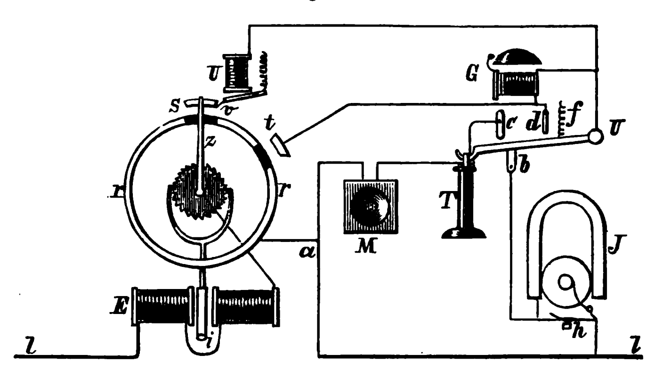
construirt werden, wenn der Betrieb sich so abwickeln soll, dass die einzelnen Stationen einander nicht stören dürfen. Macht man nicht grosse Ansprüche, so kann man die einzelnen Apparate alle hintereinander schalten. Ein Rufsignal wird natürlich immer von allen Stationen gleichzeitig gehört. Um nicht bei jedem Aufruf alle Stationen unnöthig an das Telephon zu bemühen, werden bestimmte Signale verabredet. Die eine Station wird z. B. durch ein kurzes Signal gerufen, die zweite durch ein langes, die dritte durch zwei kurze u. s. w. Diese Methode hat neben ihrem lästigen Aufrufsystem zugleich noch den Nachtheil, dass jeder Abonnent das Gespräch der übrigen ablauschen kann.

Ein Apparat, welcher diese Uebelstände vermeiden soll, hat folgende Bedingungen zu erfüllen:

Jede der eingeschalteten Sprechstellen muss vom Vermittlungsamte aus angerufen werden können. Die übrigen angeschlossenen Sprechstellen müssen so geschaltet sein, dass sie durch den Aufruf nicht in Thätigkeit kommen. Es muss an jedem Apparate erkannt werden können, ob die gemeinschaftliche Leitung schon benutzt oder noch frei ist. Endlich muss auch jede angeschlossene Sprechstelle von sich aus die Centralstation aufrufen können, ohne dass die Wecker der übrigen Stationen dadurch in Function gesetzt werden. Solche Apparate sind von Elsasser, Careyn, Hartmann und Braun in Frankfurt construirt worden. Wir beschreiben im Nachfolgenden den Apparat der Stabler Individual Telephone Call Co., welcher in Amerika zur praktischen Verwerthung gelangt ist. Das Wesentliche dieses Systems besteht in Folgendem:

Es wird bei jeder auf der gemeinschaftlichen Linie eingeschalteten Station ein Zeigerwerk aufgestellt. Der Zeiger desselben wird auf allen Stationen gleichzeitig von der Centralstation aus schrittweise vorwärts bewegt, und vermittelt in einer gewissen Stellung die Verbindung des Sprechapparates der betreffenden Station mit der Hauptleitung. In den übrigen Stellungen ist der Sprechapparat ausgeschaltet. Die Verbindungsstellung ist für jede

Fig. 118.



Station eine andere, so dass nie gleichzeitig zwei Stationen an die Linie angeschlossen werden können. Fig. 118 giebt das Schema des Apparates. Der Zeiger *z* gleitet über einen Metallring *r*, und stellt den elektrischen Contact mit demselben her. Er sitzt auf einem gezähnten Rade, welches durch die hinundhergehende Bewegung einer Sperrklinke schrittweise vorwärtsbewegt wird. Die Bewegung der Sperrklinke wird durch den Elektromagneten *E* veranlasst, welcher in die Linie *C* eingeschaltet ist, und auf dessen um *i* drehbaren Anker die Sperr-

klinke sitzt. Wenn durch den Elektromagneten abwechselnd positive und negative Ströme gesandt werden, so wird durch jeden Impuls der Zeiger auf allen Stationen um einen Zahn vorwärts bewegt; es bewegen sich daher alle Zeiger synchron über den Ring *r* weg, und kehren gleichzeitig wieder in ihre Anfangsstellung zurück. Bei ihrem Gange muss man d r e i verschiedene Stellungen unterscheiden. Ausserhalb des Ringes *r* nämlich, auf welchem der Zeiger gewöhnlich aufliegt, befinden sich zu ihm concentrisch zwei weitere Messingsegmente *s* und *t*, welche der Zeiger bei seiner Rotation ebenfalls einmal berühren wird. Die diesen Stücken entsprechenden Theile des Ringes *r* sind isolirt, so dass der Zeiger nur entweder *r* oder *s* oder *t* berühren kann, aber nie zu gleicher Zeit zwei derselben. Berührt der Zeiger den Ring *r*, so geht der Strom über *a* in die Leitung *l*, durch dieselbe zur zweiten Station, von dieser zur folgenden, bis zur letzten, und bei dieser in die Erde. Wenn der Zeiger auf dem Segmente *t* liegt, so führt die Leitung zur Glocke *G*, zu dem Umschalthebel *U*, durch die Feder *b* über die Contactfeder *h* zur Leitung *l* und die folgenden Stationen. In dieser Stellung ist die Sprechstelle mit der Centralstation verbunden, und die letztere kann die Glocke *G* in Thätigkeit setzen. Zum Aufruf müssen Ströme verwendet werden, welche das Zeigerwerk nicht afficiren können, also keine Wechselströme, sondern g l e i c h g e r i c h t e t e Ströme, zu deren Erzeugung ein Inductor von der auf Seite 62 beschriebenen Einrichtung verwendet werden kann. Ist die Sprechstelle von der Centralstation aus aufgerufen worden, und hängt sie ihr Telephon vom Haken *U*, so wird der letztere durch die Feder *f* in die Höhe gezogen, er verlässt

dabei die Contactfeder *b*, und presst an die Federn *c* und *d*. Die Glocke wird bei *d* durch kurzen Schluss ausgeschaltet, und die Leitung führt über das Telephon *T* und das Mikrophon *M* der Sprechstelle zur Linie *l*. Die Station findet sich jetzt in *Sprechlage*. Ist



Fig. 119.



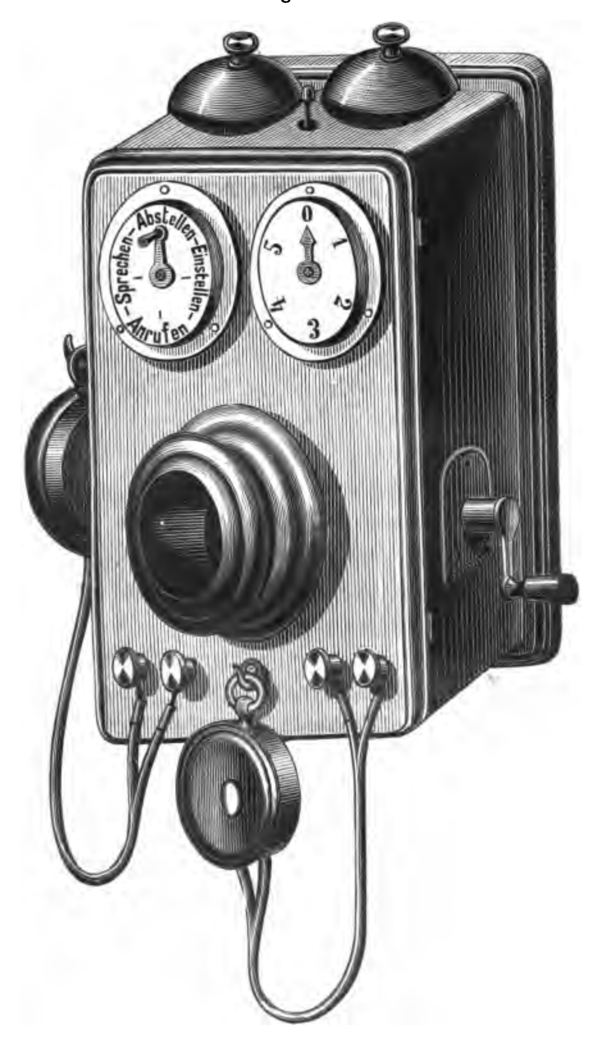
das Gespräch beendigt, so wird das Telephon wieder aufgehängt und mit dem Inductor *J* das Schlusszeichen gegeben. Der Inductor ist durch Heben des Knopfes *h* in die Leitung einzuschalten. Damit durch seine Ströme das Zeigerwerk ebenfalls nicht verstellt werden kann, muss auch er mit der bekannten Einrichtung zur Sendung *gleichgerichteter* Ströme versehen sein. Wie die

Centralstation das Schlusszeichen erhalten hat, stellt sie alle Zeiger wieder in die Normalstellung, welche der Zeiger dann hat, wenn er das dritte Segment *s* berührt. Zu diesem Zwecke werden Wechselströme in die Linie gesandt, worauf sich die Zeiger alle vorwärts bewegen, bis sie auf das Stück *s* gelangen. Von hier können sie nicht weiter, indem sie am Weiterrücken durch einen Vorsprung *v* gehindert werden, welcher an dem Anker des Elektromagneten *U* befestigt ist. Wenn sich durch Zufall nicht alle Zeiger gleich schnell bewegt haben, sondern der eine aus irgend einem Grunde zurückgeblieben sein sollte, so werden doch nach einer gewissen Zeit alle den Vorsprung *s* erreicht haben. Auf diese Weise können nach jeder Verbindung alle Zeiger wieder richtig gestellt werden. Bei einem neuen Aufrufe können sich aber nun die Zeiger nicht bewegen, weil sie durch den Vorsprung *s* arretirt sind. Sie müssen also vorher ausgelöst werden. Hierzu dient nun der Elektromagnet *U*. Wenn die Centralstation einen passend starken Strom in die Linie sendet, so wird dadurch der Anker desselben angezogen, wobei der Vorsprung *v* über den Zeiger weggleitet und ihn freilässt, so dass er nun der Bewegung der Sperrklinke wieder folgen kann.

Wünscht eine Sprechstelle die Centralstation aufzurufen, so hat sie sich erst zu überzeugen, ob die Linie nicht schon anderwärts benützt wird, was sie an der Stellung des Zeigers sofort beurtheilen kann. Derselbe muss nämlich seine Normallage einnehmen. Hierauf drückt der Abonnent auf den Rufknopf und kann dann nach Abhängen des Telephons ohneweiters mit der Centralstation verkehren. Fig. 119 giebt die äussere Ansicht des Aufrufkästchens einer Sprechstelle. Man



Fig. 120.



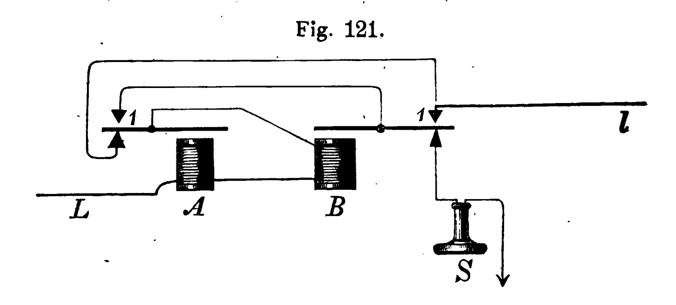
bemerkt in der vorderen Wand desselben den Zeiger mit dem Zifferblatt, darüber die Glocke für Gleichstrom.

Figur 120 zeigt die Ansicht des automatischen Umschalters, welcher von Hartmann & Braun in Frankfurt a/Main construirt wird. Derselbe setzt 5 in dieselbe Linie einzuschaltende Sprechstellen voraus. Die verschiedenen Verbindungen werden nicht ausschliesslich automatisch durch den Hebel beim Auf- und Abhängen des Telephons ausgeführt, sondern der Apparat besitzt hiezu einen besonderen Kurbelumschalter, durch welchen die in der Figur ablesbaren verschiedenen 4 Contactlagen herbeigeführt werden können.

Eine andere Methode, um mehrere Stationen auf demselben Drahte hintereinander einzuschalten, rührt von Maiche und D. Tommasi her. Auf jeder Station wird ein Apparat aufgestellt, welcher aus einer Combination von zwei polarisirten Relais besteht, deren Empfindlichkeit aber verschieden ist. Fig. 121 giebt das Schema eines solchen Apparates. Ist der Strom, welcher von der Centralstation durch die Leitung *L* auf der Sprechstation anlangt, stark genug, um den Anker des ersten Relais *A* anzuziehen, ohne aber denjenigen des Relais *B* umlegen zu können, so wird der Sprechapparat *S* mit *L* verbunden, die weiterführende Linie *l* wird aber isolirt. Ist der Strom dagegen so stark, dass beide Relais in Thätigkeit kommen, so bleibt der Sprechapparat ausgeschaltet, und die Linie führt direct durch den Contactpunkt 1 des Relais *A* und den Contactpunkt 1 des Relais *B* zu der folgenden Station. Die Empfindlichkeit der Relais der verschiedenen Stationen muss nun auf eine bestimmte Weise regulirt werden. Wenn z. B. vier verschiedene Apparate, 1, 2, 3, 4, hinter-

einander geschaltet sind, so muss der Anker des Relais A der ersten Station mit dem schwächsten Strom von etwa 10 Milli-Ampères ansprechen. Das Relais B der ersten Station und das Relais A der folgenden Station sprechen auf den Strom von 20 Milli-Ampère an, B_2 und A_3 auf 30 Milli-Ampère, B_3 und A_4 endlich auf einen Strom von 40 Milli-Ampère. Sendet nun die Centralstation einen Strom von 30 Milli-Ampère in die Linie, so werden A_1 und B_1 angezogen, also die Sprech-

Fig. 121.



station 1 ausgeschaltet, ebenso werden A_2 und B_2 angezogen. Auf der dritten Station wird aber nur noch das Relais A angezogen, nicht mehr aber das Relais B, welches einen Strom von 40 Milli-Ampère erfordert. Es wird also die Station 3 mit der Centralstation verbunden, die Sprechapparate der Stationen 1 und 2 bleiben ausgeschaltet, und die letzte Station 4 isolirt. Nach Schluss der Verbindung müssen alle Anker wieder in die Ruhestellung gebracht werden durch einen Strom von entgegengesetzter Richtung. Die einzelnen Stationen können sich mit der Centralstation durch einen Umschalter verbinden, und benützen zum Aufruf solche Ströme, welche die Relais nicht afficiren.

III. Anhang.

Mittheilung der Zeit durch das Telephon.

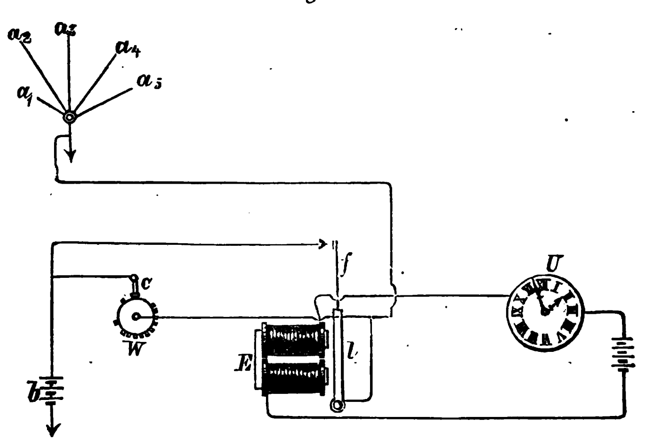
Es liegt nahe, das Netz der Telephonleitungen gleichzeitig auch zur Uebermittlung von Zeitzeichen zu verwenden, anstatt hiefür besondere Leitungen zu ziehen. Diese Uebermittlung kann auf zwei verschiedenen Wegen geschehen, entweder durch optische oder durch akustische Signale. Zur Uebermittlung von optischen Signalen müsste jeder Abonnent in Verbindung mit seinem Telephonapparat eine sympathische elektrische Uhr haben, welche durch Stromimpulse von der Centralstation aus gestellt würde. Man könnte dabei die Stromimpulse nach der Methode von Rysselberghe graduiren, so dass sie im Telephon unhörbar würden. Es hätte so die Uebermittlung der Zeitzeichen durchaus keine Schwierigkeiten. Der Grund, warum diese Idee noch nicht praktisch ausgeführt wurde, liegt ohne Zweifel in der kostspieligen Installation des Systems, auch würde der Betrieb ziemlich umständlich, da in Folge der hohen Leitungswiderstände grosse Batterien nothwendig würden.

Diese Nachtheile werden bei der Uebermittlung der Zeitzeichen auf akustischem Wege vermieden. Die letztere Methode wird von der National Time Regulating Co. in Boston und der New England Telephone Co. in Lowell, Massachussetts, verwendet. Der die Zeitzeichen gebende Apparat besteht aus einer Walze, welche wie eine Musikwalze mit Zähnen besetzt ist. Gegen diese Walze federt ein Contacthebel, welcher bei der Rotation derselben sich an den Zähnen stösst, dadurch auf- und abwärts bewegt wird, und dabei eine Verbindung

mit einer Batterie herstellt. Die Zähne auf der Walze, welche auf einem Kreisschnitt derselben liegen, und welche bei der Umdrehung nacheinander den Contacthebel passiren, sind in drei Gruppen getheilt. Die erste Gruppe giebt die Stunden, die zweite die Zehner von Minuten und die dritte die einzelnen Minuten. Der Contacthebel ist gegenüber der Walze durch einen Contacthebel verstellbar. Eine elektrische Uhr sendet jede Minute einen Stromimpuls durch den Elektromagnet und stösst den Hebel auf einer Zahnstange vorwärts, so dass er vor eine andere Reihe von Zähnen zu liegen kommt. Der gleiche Stromimpuls löst einen durch eine elektrische Batterie betriebenen Motor aus, welcher die Walze einmal umdreht, wobei die gerade eingestellten Zähne vor dem Contacthebel vorbeigleiten und die drei Gruppen von Contacten herstellen. Der Contacthebel ist an die Erdleitung sämmtlicher Abonnenten angeschlossen, welche auf das Zeitzeichen abonnirt haben. Wenn also ein angeschlossener Abonnent das Telephon am Ohre hält, während die Walze ihren Umgang macht, so hört er drei Gruppen von kurzen, aber leicht unterscheidbaren Schlägen, welche durch längere Zwischenpausen getrennt sind. Die Zahl derselben sei z. B. 2, 3, 9. Dann weiss der Abonnent, dass es 2 Uhr 39 Minuten ist. Diese Zeitgebung erfolgt alle Minuten einmal. Das Schema derselben ist in Fig. 122 angegeben. U ist die Uhr, welche alle Minuten einen Stromimpuls aus der Batterie in den Elektromagnet E sendet und dabei den Anker l anzieht. Bei Anzug desselben, wird durch Hebelübertragung und Zahnstange (auf der Fig. 122 nicht angegeben) der Contacthebel c gegenüber der Walze W um einen Zahn vorwärts ge-

schoben. Zu gleicher Zeit wird durch die auf einem Anker sitzende und eine Verlängerung desselben bildende Feder *f* die Batterie *b* an die Linienleitung angeschlossen. Da die Feder bei ihrer Bewegung etwas vibrirt, so entstehen dadurch rasch aufeinanderfolgende Stromschlüsse und Unterbrechungen, welche in den angeschlossenen Telephonen ein dumpfes Geräusch verursachen, und denjenigen

Fig. 122.



Abonnenten, welche das Telephon am Ohr haben, anzeigt, dass das Zeitzeichen sofort folgen werde. In dritter Linie löst nämlich der Anker auch den Motor aus, welcher die Walze umdreht, worauf dann die Zähne der Reihe nach vor dem Contacthebel vorbeipassiren und die der Zeit entsprechenden Schläge geben.

Die Schläge müssen natürlich so schwach sein, dass das Telephongespräch dadurch nicht beeinträchtigt wird.

Das Abonnement auf die Zeitzeichen bei den oben erwähnten Gesellschaften kostet 1 Dollar pro Jahr.

Das Telephon im Bahnbetrieb.

Im Bahnbetrieb hat das Telephon mannigfache Anwendung gefunden, hauptsächlich zur Vermittlung des Localverkehres auf grösseren Stationen oder auf Localbahnen, während für den directen Verkehr, besonders zur Aufgabe von kurzen und wichtigen Anordnungen, der Telegraph als sicherer und in gewissem Sinne auch schneller bevorzugt wird.

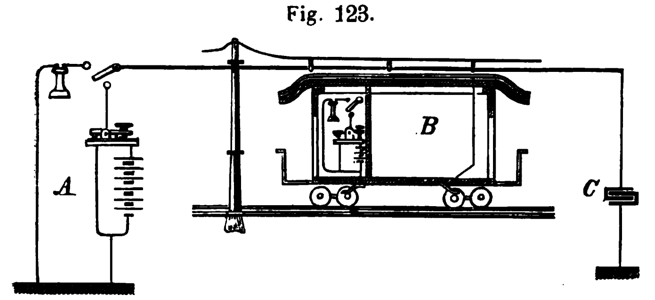
In neuerer Zeit hat aut diesem Gebiet das Telephon eine neue, äusserst interessante Anwendung gefunden, indem mit Hilfe desselben es möglich geworden ist, von fahrenden Bahnzügen aus zu telegraphiren und zu telephoniren, so dass das Zugspersonal während der ganzen Fahrt mit dem Bahnhofpersonal in Correspondenz treten kann, und auch von den Reisenden Depeschen aufgegeben und an dieselben übermittelt werden können. Diese merkwürdige Verbindung wird mit Hilfe der Induction hergestellt, und zwar verwendet Phelps die elektrodynamische, Edison dagegen die elektrostatische Induction. Beide Systeme stehen in Amerika in praktischem Gebrauch.

Bei dem Systeme von Phelps wird der zur Correspondenz dienende Draht in eine schützende hölzerne Rinne zwischen die Schienen verlegt. Unterhalb des Eisenbahnwagens, welcher das fahrende Bureau enthält, wird zwischen seinen Rädern ein langer Rahmen be-

festigt, auf welchem in vielen Windungen ein Kupferdraht aufgewickelt ist. Eine solche Wicklung besteht aus etwa 100 Windungen und enthält 2500 *m* Draht. Dieser Rahmen wird senkrecht unter dem Wagen befestigt, so dass eine seiner Längsseiten möglichst nahe an den zwischen den Schienen verlegten Telegraphendraht herankommt. Wenn im letzteren kräftige, die Richtung schnell wechselnde Stromimpulse circuliren, so induciren sie in dem Rahmen ähnliche, welche, durch den Telephon geleitet, dasselbe zum Ansprechen bringen. Zum Telegraphiren werden Wechselströme, welche durch eine elektromagnetische Stimmgabel in einer Inductionsspule oder durch einen Polwechsler erzeugt werden können, verwendet. Wenn durch den Morsetaster die Leitung abwechselnd geöffnet und geschlossen wird, so gibt das Telephon den Punkten und Strichen des Morsealphabetes entsprechend lange und kurze akustische Signale, welche von einem geübten Telegraphisten ohneweiters gelesen werden können. Phelps hat überdies ein empfindliches polarisirtes Relais construirt, welches diese intermittirenden Ströme in gewöhnliche Morseschrift umwandelt. Als Sender kann man natürlich auch ein Mikrophon verwenden und sich auf demselben Wege telegraphisch verständigen, vorausgesetzt, dass die von demselben erzeugten Stromschwankungen stark genug und die Telephone empfindlich genug sind. Das Fernsprechen in fahrenden Eisenbahnzügen hat allerdings seine besonderen Schwierigkeiten, weil einerseits stets viel störende Geräusche vorhanden sind, und anderseits es schwierig ist, die Apparate so aufzustellen, dass sie durch die heftigen Vibrationen des Wagens nicht nachtheilig beeinflusst werden.

Die Methode von Edison verwendet statt der elektrodynamischen die elektrostatische Induction. Ueber dem Wagen *B* (Figur 123), welcher das Bureau enthält, oder noch besser über mehreren derselben werden isolirte Metallplatten gelegt, welche miteinander verbunden sind, und die eine Belegung eines Condensators bilden. Die Metallplatten stehen mit dem einen Ende einer Inductionsspule in Verbindung, das andere Ende derselben ist zur Erde abgeleitet. Entstehen in der Inductionsspule starke undulirende Ströme, so werden dadurch die Metallplatten auf dem Eisenbahnwagen entsprechend

Fig. 123.



positiv und negativ geladen. Diese Ladungsströme induciren in den über dem Wagen hinführenden Telegraphendrähten entsprechende Ladungs- und Entladungsströme, welche auf irgend einer in diese Drähte eingeschalteten Bahnhofstation durch Condensatoren oder Inductionsspuleh aufgefangen und in die als Empfänger dienenden Telephone geleitet werden. Der Sender besteht ebenso wie bei Phelps aus einem gewöhnlichen Morsetaster, durch welchen der gebende Stromkreis der Inductionsspule abwechselnd geschlossen und unterbrochen wird.

In Rücksicht auf die Neuheit der Erfindung müssen die mit ihr erhaltenen Resultate als sehr befriedigend

bezeichnet werden. Wenn auch die praktische Bedeutung derselben auf die wichtigsten directen Bahnlinien beschränkt bleiben wird, so kann sie doch ein wesentliches Mittel zur Sicherung und Bequemlichkeit des Bahnverkehrs abgeben.

Schluss.

Nachdem wir im Vorgehenden die technischen Einrichtungen des Fernsprechwesens besprochen haben, fragt es sich noch, ob deren Verwerthung lohnend sei. Die kurze Erfahrung gestattet noch nicht, hierüber endgiltig zu entscheiden, wir müssen uns daher mit einigen Andeutungen begnügen. Die Netze von mittlerer Ausdehnung bis zu etwa 1000 Stationen rentiren am besten. Es giebt amerikanische Gesellschaften, welche über 30 Procent Dividende bezahlen. Die Betriebskosten wachsen viel rascher als die Stationenzahl; grössere Netze erfordern daher einen grösseren Abonnementsbeitrag als kleinere, welcher auch darin begründet ist, dass in grossen Netzen die Einrichtung einen viel grösseren Werth für jeden einzelnen angeschlossenen Abonnenten hat.

Was den Abonnementsbeitrag betrifft, so kann man denselben für kleinere Netze zu 100 bis 200 Mark berechnen, für grosse Netze zu 400 bis 600 Mark. Die nachfolgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Abonnementspreise und der Zahl der Sprechstellen der wichtigeren Länder und grösseren Städte auf Ende des Jahres 1885. (Die Abonnementspreise sind approximativ.)

	Zahl der		Abonnementspreis
	Netze	Stationen	Mark
Grossbrittannien	89	15114	250–450
London		4193	450
Deutschland	91	14732	200
Berlin		4248	200
Italien	16	8346	150–200
Rom		2054	200
Frankreich	20	7175	200–500
Paris		4054	500
Schweden	15	5705	150
Stockholm		2326	150
Russland	20	5280	150–500
Schweiz	36	4900	130
Belgien	7	3365	150–200
Oesterreich	11	3032	200–300
Niederlande	8	2493	220
Dänemark	2	1370	200
Spanien	3	594	350
Portugal	2	350	150–220

Amerikanische Städte	Zahl der Stationen	Abonnementspreis Mark
New-York	5252	700
Chicago	3630	600
Cincinnati	2535	450
Brooklyn	2354	450
Philadelphia	2310	500
Providence	2162	250
Buffalo	1533	nach der Zahl der Verbindungen



Das in Buffalo befolgte System, die Entschädigung nach der Zahl der Gespräche festzusetzen, wäre aus Billigkeitsrücksichten empfehlenswerth. Es kann aber erst dann an eine allgemeine Einführung desselben gedacht werden, wenn es gelingt, einen ganz einfachen und sicher functionirenden Apparat zu construiren, welcher die Zahl der Gespräche automatisch registrirt, und an welchem jederzeit die Gesprächszahl abgelesen werden kann. Solche Apparate sind schon verschiedene erfunden worden. Dieselben benützen meistens die Bewegung des Umschalthebels am Inductorkästchen (siehe Seite 83), welcher bei jedem Gespräch wenigstens zweimal verstellt werden muss, einmal zum Aufrufen und einmal zum Abmelden. Diese Bewegungen werden durch ein Zählwerk registrirt; aus dessen Angaben lässt sich dann ein Schluss auf die ungefähre Gesprächszahl machen. Ein anderes System wird von der Pan Electric Telephone Company in St. Louis, Missouri verwendet. Oben am Inductorkästchen befindet sich eine Oeffnung, welche gerade gross genug ist, um ein Nickelstück von 5 Cents einlegen zu können. Durch das Gewicht dieses Stückes wird im Innern des Kästchens die sonst unterbrochene Verbindung nach der Centralstation hergestellt; der Abonnent kann nun anläuten und ein Gespräch beginnen. Nach Schluss desselben fällt das Nickelstück infolge eines Stromes der Centralstation in den unter dem Inductorkästchen angebrachten abgeschlossenen Behälter. Um eine neue Verbindung zu erlangen, muss ein anderes Nickelstück eingelegt werden. Diese Stücke werden von Zeit zu Zeit von einem Beamten der Centralstation eingesammelt. Kommt die Verbindung nicht zu Stande, so

sendet die Centralstation keinen Strom, das Nikelstück fällt beim Aufhängen des Telephons unten am Inductorkästchen heraus, und kann vom Abonnenten wieder behändigt werden. Auf diese Weise zahlt jede Sprechstelle genau so viele Gespräche, als wirklich stattfinden.

Die bis jetzt construirten Registrir-Apparate sind noch so complicirt, dass bei deren allgemeinen Einführung eine erhebliche Vergrösserung der Betriebsstörungen zu befürchten ist.

Die Zahl aller gegenwärtig in Betrieb stehenden Sprechstellen kann auf über eine halbe Million geschätzt werden, zwei Drittel davon entfallen auf Amerika.

Gegenwärtig im Stadium des Versuches befindet sich die Telephonie auf weite Distanzen. Doch liegt das Haupthinderniss nicht in technischer, sondern in finanzieller Richtung. Mit den gewöhnlichen Mikrophon-Apparaten und einer guten Kupferleitung kann mit grösster Leichtigkeit auf mehrere hundert Kilometer gesprochen werden. Aber das Sprechen ist zu theuer. Die Erfahrung, welche man in Amerika gesammelt hat, führt zu dem Schluss, dass eine Distanz von 100 bis 200 Kilometer die Grenze sein möchte, auf welche eine gewöhnliche Telephonlinie noch rentirt. Man baute unter Anderem eine Linie zwischen Chicago und New-York. Die Länge beträgt circa 1990 Kilometer. Die Entfernung dieser Städte ist ungefähr gleich wie die zwischen Wien und Paris. Mit dem Duplex-Transmitter von Edison war eine vollkommen befriedigende Verständigung möglich, wenn die atmosphärische Elektricität nicht zu viel Geräusch verursachte. Die Linie kostete aber mehrere Millionen Mark. Unter der Voraussetzung, dass die Linie Tag und

Nacht ununterbrochen benützt wird, muss sie pro Minute nahezu 5 Mark einbringen, um eine Rente abwerfen zu können. Wenn man berücksichtigt, dass beim Telephonbetrieb die Linie nur während eines kleinen Theiles des Tages benützt werden kann, so stellt sich der Preis für ein kurzes Gespräch auf wenigstens 50 Mark. Es müssen auch dann noch Tag für Tag 100 solcher Gespräche erfolgen. Das ist natürlich für die gewöhnlichen Verkehrsverhältnisse zu theuer. Dieselbe Nachricht kann man durch den Telegraphen um den zehnten Theil des Betrages mit ungefähr der gleichen Schnelligkeit befördern.

Dadurch löst sich von selbst der Streit über die Rivalität zwischen Telephon und Telegraph. Für den Localverkehr wird das Telephon bis auf Distanzen von vielleicht 200 bis 500 Kilometer den Telegraph mehr oder weniger verdrängen und eine Verbreitung erhalten, welche der Telegraph niemals hätte erlangen können. Auf grösseren Distanzen aber wird der Telegraph, so weit wenigstens jetzt zu sehen ist, stets die Oberhand behalten. Telephon und Telegraph sind daher in der That keine gegenseitigen Rivalen, sondern sie ergänzen einander vielmehr in dem Sinne, dass das eine Verkehrsmittel durch das andere werthvoller wird.

Alphabetisches Sachregister.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die Elektricität im Dienste der Menschheit.

Eine populäre Darstellung der magnetischen und elektrischen Naturkräfte und ihrer praktischen Anwendungen.

Nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft bearbeitet

von **Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky.**

Mit 830 Illustrationen.

69 Bogen. Gross-Octav. Geheftet in 2 Halbbänden à 3 fl. = 5 M. 40 Pf. In elegantem Original-Prachtband gebunden 7 fl. 20 kr. = 13 Mark.

Bei dem allgemeinen Interesse, welches dem im vorliegenden Werke behandelten Gegenstande entgegengebracht wird, halten wir es für geboten, im Nachstehenden auf den überaus reichen Inhalt des Buches hinzuweisen. Die erste Abtheilung „Magnetismus und Elektricität“ bringt die wichtigsten Grundlehren aus diesen beiden Gebieten und schildert die einschlägigen Erscheinungen. Hier, wie überhaupt im ganzen Werke, sind schwierige, mathematische Entwicklungen oder complicirte Ableitungen gänzlich vermieden; der Gegenstand wird vielmehr in einfacher und klarer Weise dargestellt, ohne dass sich der Autor an irgend einer Stelle hinter gelehrt sein sollenden Formeln versteckt, die häufig unverständlich, noch öfter aber für den Praktiker gänzlich unbrauchbar sind. Die zweite und naturgemäss weitaus grössere Abtheilung, „Die moderne Elektrotechnik“, macht uns mit den mannigfachen Anwendungen der Elektricität und des Magnetismus bekannt. Hier werden uns zunächst die Elektricitätsgeneratoren, also die Maschinen und Batterien, vorgeführt, hieran reihen sich die Regulirung und Vertheilung, die Leitung und Registrirung der elektrischen Ströme, worauf deren Anwendungen geschildert werden. In dem Abschnitte „Das elektrische Licht“ sind nicht nur die einzelnen Lampen beschrieben, welche gegenwärtig in Anwendung stehen, sondern eine grössere Anzahl gut gewählter Beleuchtungsarten lässt uns auch die Art ihrer Verwendung erkennen. Besondere Aufmerksamkeit wird der elektrischen Beleuchtung von Theatern zugewendet, ohne dass deshalb die Anwendungen im Berg- und Tunnelbau, Eisenbahnwesen, Werkstätten und Fabriken, Seewesen etc. übergangen wären; auch der medicinischen Anwendungen wurde nicht vergessen. An das elektrische Licht reiht sich die Elektrochemie, Elektrometallurgie und Galvanoplastik. Wir begegnen hier, wie wir glauben in einem derartigen Werke zum ersten Male, auch einer eingehenderen Berücksichtigung der neueren elektrochemischen und elektrometallurgischen Processe. Hieran reiht sich die elektrische Uebertragung der Kraft, welche sehr interessante Schilderungen über ältere und neuere Elektromotoren, über elektrische Batterien, Förderanlagen, Aufzüge u. s. w. enthält. Hiermit schliesst jener Theil des Werkes, in welchem die Anwendung kräftiger Maschinenströme behandelt wird, während die letzte Abtheilung der Anwendung verhältnissmässig schwacher Batterieströme gewidmet ist. Diese Abtheilung enthält nämlich die Telephonie und Telegraphie. In ersterer werden sowohl die einzelnen Telephone und Mikrophone beschrieben, als auch die Telephonanlagen (Doppelstationen, Centralen, Musikübertragungen u. s. w.) in Wort und Bild dargestellt. Die Telegraphie umfasst ausser der Beschreibung der gewöhnlichen Telegraphenapparate auch die Duplex- und Multiplex-Telegraphen, der Kabeltelegraphen, die Haus- und Hôteltelegraphie, die automatischen Meldeapparate, Feuermelder, die elektrischen Uhren und das Eisenbahn-Signalwesen. Aus dieser äusserst gedrängten Uebersicht der Hauptabschnitte kann wohl bereits ersehen werden, wie reichhaltig das vorliegende Werk ist: wir haben hierdurch ein Compendium der Elektrotechnik erhalten, wie es unseres Wissens in diesem Umfange bisher noch in keiner Sprache existirt. Es gereicht ferner dem ganzen Werke gewiss nur zum Vortheile, dass selbst der historischen Entwickelung der einzelnen Zweige der Elektrotechnik entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Da auch die Verlagsfirma für reichliche Illustrationen und sorgfältige Ausstattung gesorgt hat, ist das besprochene Werk in jeder Hinsicht bestens zu empfehlen.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

TELEPHON
MIKROPHON UND RADIOPHON.

Mit besonderer Rücksicht

auf ihre Anwendung in der Praxis.

Von

Theodor Schwartze

Ingenieur.

Mit 119 Abbildungen. 16 Bogen Octav. Geh. Preis 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.
Eleg. geb. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

Noch vor wenigen Jahren wurde das Telephon als ein interessantes Spielzeug betrachtet; gegenwärtig ist es ein praktisches, für die Vermittelung des Verkehrs neben dem elektrischen Telegraphen höchst wichtiges Instrument. Hieraus geht wohl schon sehr deutlich hervor, welche Bedeutung die Telephonie oder Fernsprechkunst für die öffentliche Wohlfahrt erlangt hat. Durch die Telephonie ist das Gebiet der elektrischen Telegraphie nach verschiedenen Richtungen hin bedeutend erweitert worden, denn zu dem grossen telegraphischen Verkehr, wie solchen der Welthandel, sowie die wirthschaftlichen und politischen Beziehungen der Völker jetzt erfordern, hat sich der bequemste Kleinverkehr durch das Telephon gesellt, wie er für unsere complicirten gewerblichen und socialen Verhältnisse höchst erwünscht ist.

Zur Vervollkommnung der Fernsprechkunst mit Bezug auf deutliche Sprachreproduction und Bequemlichkeit in dem Gebrauche des Instruments hat das Mikrophon wesentlich beigetragen und das Radiophon zeigt in überraschender Weise, wie selbst das Medium der Lichtstrahlen zur Uebertragung des Sprachschalles in die Ferne dienen kann, wodurch für gewisse Fälle vielleicht auch ein zweckmässiges Mittel der Verständigung geschaffen wird.

Merkwürdigerweise hat das Telephon und seine Verwandten bisher noch nicht die Berücksichtigung in der deutschen Literatur gefunden, die es verdient und die das Publicum fordern darf. Dem Autor des vorliegenden Werkes gebührt das Verdienst, diesem Mangel abgeholfen zu haben, und wir sind der Meinung, dass der Verfasser seiner Aufgabe mit Eifer, Fleiss und Geschick gerecht geworden ist. Der reiche Stoff ist auf acht Capitel vertheilt. Wir finden hier die Bedeutung und Geschichte des Telephons, die Stromerzeugung und die der Telephonie zu Grunde liegenden Gesetze der Elektricitätslehre, das Musiktelephon, das magnetelektrische Telephon, das Batterietelephon, die Telephonanlagen, das Mikrophon, die Radiophonie, die Anwendung der telephonischen und mikrophonischen Apparate für technische und wissenschaftliche Zwecke und schliesslich den Phonographen oder sprechenden Lautschreiber in angenehmer, gründlich belehrender und praktisch werthvoller Weise abgehandelt, so dass dieses Buch die beste Empfehlung verdient.

